

CAD/CAM/CAE工程应用丛书·AutoCAD系列

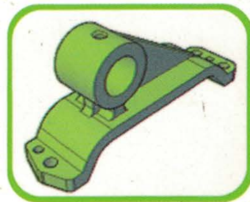
AutoCAD 2011

三维建模入门与实例解析





杨老记 梁海利 主编



- 合理的知识体系和学习流程
- 汇集教学培训和企业一线的成功案例
- 全面、系统地讲解AutoCAD设计的设计思路、操作方法和技巧
- 随书光盘附赠范例素材文件





附赠超值光盘

◆全书实例涉及的范例素材和最终效果





机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

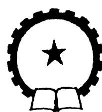
VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

CAD/CAM/CAE 工程应用丛书 • AutoCAD 系列

AutoCAD 2011 三维建模入门与实例解析

主　编　杨老记　梁海利
副主编　高英敏　杨　颖
参　编　张莉萍　高运芳　马　英　郭凯生



机 械 工 业 出 版 社

本书以 AutoCAD 2011（中文版）为基础，全面、详细地介绍了 AutoCAD 的三维建模功能。

对于 AutoCAD 传统功能，如实体及曲面建模等，除了细致的说明，疑难部分都通过实例予以阐明，同时注重建模技巧。对于 AutoCAD 最近几个版本的新功能，如子对象修改、小控件、网格功能、NURBS 曲面、实体和曲面以及网格的相互转换、创建截面、由三维模型创建二维图形等，都作了深入剖析。对于视图、视觉样式、视口、视图导航、光源、材质、渲染等，从概念到操作，都进行了详细阐述。

本书按问题的分类以循序渐进的原则编排章节。全书思路清晰、内容新颖、结构合理、实例丰富、语言通俗、准确实用。对于具有一定 AutoCAD 二维制图基础的读者，本书是学习掌握 AutoCAD 三维功能的理想教材。

本书适用于所有欲掌握 AutoCAD 三维功能的自学读者，还可作为机械类、土木建筑工程、计算机应用等各专业的高等院校教材，也可作为从事 AutoCAD 应用设计的工程技术人员的工具用书。

本书配备的光盘包含了书中所有实例，读者可打开与书中图号相对应的图形文件，对照学习。

图书在版编目（CIP）数据

AutoCAD 2011 三维建模入门与实例解析 / 杨老记，梁海利主编. —北京：机械工业出版社，2011.3（2012.1重印）
（CAD/CAM/CAE 工程应用丛书 • AutoCAD 系列）
ISBN 978-7-111-33810-9

Ⅰ. ①A… Ⅱ. ①杨… ②梁… Ⅲ. ①三维－模型－计算机辅助设计－应用软件，AutoCAD 2011 Ⅳ. ①TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 046223 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：丁 诚
责任编辑：丁 诚 杨 硕
责任印制：杨 曦

保定市中画美凯印刷有限公司印刷

2012 年 1 月第 1 版 • 第 2 次印刷
184mm×260mm • 28.5 印张 • 705 千字
3501－5500 册
标准书号：ISBN 978-7-111-33810-9
ISBN 978-7-89451-922-1（光盘）
定价：63.00 元（含 1CD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务
社服务中心：（010）88361066
销售一部：（010）68326294
销售二部：（010）88379649
读者购书热线：（010）88379203

网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版



出 版 说 明

随着信息技术在各领域的迅速渗透，CAD/CAM/CAE 技术已经得到了广泛的应用，从根本上改变了传统的设计、生产、组织模式，对推动现有企业的技术改造、带动整个产业结构的变革、发展新兴技术、促进经济增长都具有十分重要的意义。

CAD 在机械制造行业的应用最早，使用也最为广泛。目前其最主要的应用涉及机械、电子、建筑等工程领域。世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM/CAE 技术进行产品设计，而且投入大量的人力、物力及资金进行 CAD/CAM/CAE 软件的开发，以保持自己技术上的领先地位和在国际市场上的竞争优势。CAD 在工程中的应用，不但可以提高设计质量，缩短工程周期，还可以节约大量建设投资。

各行各业的工程技术人员也逐步认识到 CAD/CAM/CAE 技术在现代工程中的重要性，掌握其中一种或几种软件的使用方法和技巧，已成为他们在竞争日益激烈的市场经济形势下生存和发展的必备技能之一。然而仅仅知道简单的软件操作方法是远远不够的，只有将计算机技术和工程实际结合起来，才能真正达到通过现代的技术手段提高工程效益的目的。

基于这一考虑，机械工业出版社特别推出了这套主要面向相关行业工程技术人员的《CAD/CAM/CAE 工程应用丛书》。本丛书涉及 AutoCAD、Pro/ENGINEER、UG、SolidWorks、Mastercam、ANSYS 等软件在机械设计、性能分析、制造技术等方面的应用，以及 AutoCAD 和天正建筑 CAD 软件在建筑和室内配景图，建筑施工图，室内装潢图，水暖、空调布线图，电路布线图以及建筑总图等方面的应用。

本套丛书立足于基本概念和操作，配以大量具有代表性的实例，并融入了作者丰富的实践经验，使得本丛书内容具有专业性强、操作性强、指导性强的特点，是一套真正具有实用价值的书籍。

机械工业出版社

前　　言

随着 AutoCAD 版本的更新，其三维建模功能越来越强大，可以和目前最强大的三维设计软件媲美。对于 AutoCAD 的众多二维用户，掌握 AutoCAD 的三维建模功能，相对是比较容易的。这是因为，无论二维绘图还是三维绘图，都是同一个软件，环境设置相通，界面可互相转换，操作方式类似，许多二维命令可以直接用于三维绘图。这种二维和三维之间的天然衔接，是 AutoCAD 的巨大优势之一。因此，在已基本掌握 AutoCAD 二维绘图的基础上，学习 AutoCAD 三维绘图，很容易上手，比重新学习另外一种三维软件，可以省去不少的学习时间。有理由相信，会有越来越多的读者要求掌握 AutoCAD 的三维功能。

本书基于 AutoCAD 2011（中文版），可以使读者全方位掌握 AutoCAD 的三维功能。具有以下特点：

内容全面。本书基本包括了与三维绘图相关的所有内容，全面反映了 AutoCAD 的三维功能。全书共 19 章，前 18 章是 AutoCAD 三维功能介绍，包括三维环境，三维工具，实体及曲面（包括网格和 NURBS 曲面）的建模方法和编辑修改，实体和曲面以及网格的相互转换，创建截面，由三维模型创建二维图形，子对象修改及小控件使用，视点视图，视觉样式，视口应用，导航命令，三维效果（光源、材质、渲染）等。由于实体建模应用最为广泛，因此专门在第 19 章列举了这方面的两个实例。

细致透彻。实际中，软件学习中的小问题往往是拦路虎。为了避免这种情况，对于概念的解释尽量通俗透彻，对于工具的使用、命令的操作、系统变量的设置等，都作了细致入微的阐述，便于读者理解掌握。

版本最新。所有内容严格按 AutoCAD 2011 版编写，真正地反映了 AutoCAD 2011 的最新三维功能。

长期有效。考虑到最近几年 Autodesk 公司每年均会推出一个 AutoCAD 新版本，为了适应这种变化，在本书的编写过程中，我们参考了 AutoCAD 的多个版本，分析和研究了其发展趋势，总结了其规律性的内容。可以预见，本书大多数阐述的概念、介绍的方法、应用的技巧等，都会在相当长的时间内适用、有效。

本书作者经验丰富。本书作者长期从事 AutoCAD 应用教学，指导的学生参加 AutoCAD 应用方面的全国大赛多次获奖，对 AutoCAD 的三维功能有较为深刻的理解，具有丰富的实践经验。

本书按问题的分类以循序渐进的原则编排章节。全书思路清晰，内容新颖、结构合理、实例丰富、注重技巧、语言通俗、准确实用。

要提醒读者的是，AutoCAD 的三维绘图入门并不难，但精通它则不易。有些内容要在长期的实践中细心琢磨，多次实践，方可领悟其本质。可能是 AutoCAD 的版本更新快的原因，其自身的个别帮助内容未能及时更新。因此，读者在学习过程中如果使用 AutoCAD 帮助，要对其内容认真研究，操作实践，搞清其真实的意义。

参与本书各章编写的人员有：高英敏、杨颖、张莉萍、高运芳、马英、郭凯生，全书由杨老记、梁海利主编、统稿。

由于作者水平有限，书中难免有不当或错误之处，真诚地希望读者批评指正。



编 者

本书的约定

为了更好地使用本书，读者还需了解以下约定：

（1）为了区分命令和系统变量，本书所有命令使用小写字母，所有系统变量使用大写字母。而 AutoCAD 在实际操作时并没有这样的区分。

（2）为了醒目，命令的输入方式用加粗宋体字。同一命令的各种输入方法分行列出。以拉伸对象创建实体和曲面的命令“extrude”的输入方式为例说明：

- 命令：extrude ↙。表示从命令提示区（也叫命令窗口或命令行）键入命令“extrude”后回车输入命令。
- 工具栏：建模→拉伸。曲面创建→拉伸。表示单击“建模”工具栏的拉伸按钮输入命令，或者单击“曲面创建”工具栏的拉伸按钮输入命令。
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→拉伸(X)。表示单击“绘图”下拉菜单，从“建模”子菜单中选择“拉伸”菜单项。
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“建模”面板→“拉伸”下拉式按钮菜单的拉伸；三维建模工作空间→“实体”选项卡→“实体”面板→ 拉伸。表示在三维建模工作空间的功能区的“常用”选项卡的“建模”面板中单击“拉伸”下拉式按钮菜单，从中选择“拉伸”按钮。或者在三维建模工作空间的功能区的“实体”选项卡的“实体”面板中单击“拉伸”按钮。

（3）在介绍 AutoCAD 命令的使用方法时，楷体字加阴影是命令窗口中的提示。倾斜楷体字是用户对命令和提示的回答。以“↙”代表按回车键，多数情况也代表按空格键或鼠标右键。



目 录

出版说明
前言
本书的约定
第 1 章 AutoCAD 三维绘图入门 …… 1
1.1 三维视图的观察 …… 1
1.1.1 三维绘图环境 …… 1
1.1.2 特殊视点 …… 1
1.1.3 动态观察命令 …… 2
1.2 选择视觉样式 …… 5
1.3 三维实体图元 …… 6
1.3.1 长方体 …… 7
1.3.2 楔体 …… 8
1.3.3 圆锥体 …… 9
1.3.4 圆柱体 …… 11
1.3.5 棱锥体 …… 12
1.3.6 球体 …… 13
1.3.7 圆环体 …… 14
1.4 消隐命令 …… 16
1.5 “特性”和“快捷特性”选项板 …… 17
1.5.1 “特性”选项板 …… 17
1.5.2 “快捷特性”选项板 …… 18
1.6 三维对象捕捉 …… 19
第 2 章 三维坐标系和坐标 …… 21
2.1 用户坐标系 …… 21
2.1.1 用户坐标系概念 …… 21
2.1.2 用户坐标系命令 …… 21
2.2 管理已定义的 UCS …… 26
2.3 UCS 图标的显示 …… 28
2.3.1 UCS 图标的显示方式 …… 28
2.3.2 UCS 图标控制命令 …… 29
2.4 在实体模型中使用动态 UCS …… 30
2.5 三维坐标 …… 32
2.5.1 三维笛卡尔坐标 …… 32
2.5.2 三维柱坐标 …… 33
2.5.3 三维球坐标 …… 33
2.6 坐标过滤 …… 34
2.7 平面视图命令 …… 36
2.8 标高和厚度命令 …… 37
2.9 三维对象的空间定位 …… 38
第 3 章 三维实体和曲面 …… 41
3.1 面域 …… 41
3.1.1 面域命令“region” …… 41
3.1.2 边界命令 …… 42
3.2 创建多段体 …… 43
3.3 拉伸对象成三维实体或曲面 …… 45
3.3.1 拉伸命令 …… 45
3.3.2 可拉伸对象及可作为路径的对象 …… 49
3.3.3 系统变量“DELOBJ” …… 50
3.4 通过扫掠创建实体或曲面 …… 50
3.4.1 扫掠命令 …… 50
3.4.2 可扫掠及可用做扫掠路径的对象 …… 53
3.4.3 绘制螺旋 …… 54
3.5 通过放样创建实体或曲面 …… 55
3.5.1 放样命令 …… 55
3.5.2 可用做横截面、放样路径、导向曲线的对象 …… 62
3.6 通过旋转创建实体或曲面 …… 63
3.7 创建复合对象 …… 66
3.7.1 创建复合对象的概念 …… 66
3.7.2 并集 …… 67

3.7.3 差集······67
3.7.4 交集······68
3.8 显示复合实体的原始形状······69
3.8.1 保留历史记录及显示历史记录······69
3.8.2 删除选定复合对象的历史记录······71
3.8.3 修改复合实体······71
3.9 通过剖切创建三维实体或曲面······72
3.10 检查三维模型的干涉······74
第 4 章 曲面······78
4.1 曲面概述······78
4.2 创建程序曲面······79
4.2.1 创建平面曲面······79
4.2.2 创建网络曲面······80
4.2.3 对曲面进行过渡操作······81
4.2.4 修补曲面······82
4.2.5 对曲面进行偏移操作······84
4.3 创建 NURBS 曲面······86
4.3.1 创建 NURBS 曲面的方法······86
4.3.2 NURBS 曲面控制点的显示和隐藏······88
4.3.3 使用样条曲线工具创建 NURBS 曲线······88
4.4 创建关联曲面······91
第 5 章 三维网格······93
5.1 三维网格概念······93
5.1.1 什么是网格对象······93
5.1.2 关于网格对象的系统变量······93
5.1.3 创建网格的方法······96
5.2 “网格图元选项”对话框······96
5.3 创建网格图元······100
5.3.1 网格长方体······101
5.3.2 网格圆锥体······102
5.3.3 网格圆柱体······104
5.3.4 网格棱锥体······105
5.3.5 网格球体······106
5.3.6 网格楔体······107
5.3.7 网格圆环体······107
5.3.8 设置······109
5.4 由直线或曲线对象构造网格······109
5.4.1 创建直纹网格······110
5.4.2 创建平移网格······111
5.4.3 创建旋转网格······111
5.4.4 创建边界定义的网格······112
5.5 “网格镶嵌选项”对话框······113
5.6 通过转换创建网格······116
5.6.1 调整网格转换设置······116
5.6.2 将三维对象转换为网格······117
第 6 章 三维操作······118
6.1 三维移动命令······118
6.2 三维旋转命令······118
6.3 三维缩放命令······119
6.4 对齐命令······120
6.5 三维对齐命令······121
6.6 三维镜像命令······123
6.7 三维阵列命令······125
第 7 章 三维对象、子对象的修改······127
7.1 使用“特性”选项板修改三维对象······127
7.2 使用夹点编辑三维实体和曲面······128
7.2.1 夹点编辑的方法······128
7.2.2 单个实体或曲面的夹点编辑······129
7.3 子对象的选择及编辑······131
7.3.1 选择三维子对象······132
7.3.2 应用子对象选择过滤器······136
7.3.3 使用子对象夹点编辑三维对象······136
7.4 使用小控件修改对象······137
7.4.1 使用小控件概述······137
7.4.2 小控件的使用和切换······138
7.4.3 影响小控件的系统变量······140
7.4.4 使用小控件移动三维对象······141
7.4.5 使用小控件旋转三维对象······143
7.4.6 使用小控件缩放三维对象······144
7.5 移动、旋转和缩放三维子对象······146
7.5.1 移动、旋转和缩放三维子对象概述······146

7.5.2 移动、旋转及缩放三维实体上的面 147
7.5.3 移动、旋转及缩放三维实体上的边 149
7.5.4 移动、旋转、缩放或拖动三维实体的顶点 150
第 8 章 三维实体对象的编辑 151
8.1 三维实体的面、边、体编辑 151
8.1.1 编辑三维实体的面 152
8.1.2 编辑三维实体的边 164
8.1.3 编辑三维实体的体 166
8.2 实体或曲面的倒角、圆角 170
8.2.1 对三维实体或曲面进行倒角 170
8.2.2 对三维实体或曲面进行圆角 173
8.3 按住并拖动有边界区域 174
8.3.1 按住并拖动的方法 175
8.3.2 可以按住并拖动的对象类型 176
8.4 向实体和曲面添加边和面 177
第 9 章 曲面修改 179
9.1 曲面修剪与取消修剪 179
9.1.1 曲面修剪 179
9.1.2 取消曲面修剪 181
9.2 投影几何图形 182
9.2.1 投影几何图形命令 182
9.2.2 投影几何图形时自动修剪的设定 184
9.3 延伸曲面 184
9.4 曲面进行圆角处理 186
9.5 编辑 NURBS 曲面或曲线 187
9.5.1 直接拖动控制点编辑 NURBS 曲面或曲线 188
9.5.2 三维控制点编辑栏 188
9.5.3 曲面重新生成命令 191
9.5.4 在 NURBS 曲面和样条曲线上添加控制点 194
9.5.5 删除 NURBS 曲面和曲线上的控制点 196
9.6 分析曲面 197
9.6.1 斑纹分析 197
9.6.2 曲率分析 198
9.6.3 拔模分析 199
9.6.4 “分析选项”对话框 199
第 10 章 修改网格对象 203
10.1 修改网格对象概述 203
10.2 更改网格平滑度 204
10.2.1 平滑度对网格对象的影响 204
10.2.2 增加或降低网格对象的平滑度的方法 205
10.3 优化网格对象或子对象 206
10.3.1 优化对网格对象或子对象的影响 206
10.3.2 优化网格命令 207
10.4 向网格添加锐化 208
10.4.1 锐化对网格对象或子对象的影响 208
10.4.2 锐化网格对象的方法 209
10.4.3 删除锐化 210
10.5 分割网格面 210
10.6 拉伸网格面 211
10.7 重新配置相邻的网格面 214
10.7.1 合并相邻面 214
10.7.2 收拢网格面或边 215
10.7.3 旋转三角面的边 216
10.8 产生和闭合网格间隙 216
10.8.1 删除网格的面、边或顶点 217
10.8.2 闭合网格对象中的孔或间隙 217
10.9 处理网格对象的提示 218
第 11 章 从对象创建三维实体或曲面 223
11.1 将网格转换为三维实体的条件 223
11.2 将对象转换为三维实体的命令 226
11.3 从对象创建曲面 228
11.4 加厚曲面以将其转换为三维实体 230
11.5 将一组对象转换为三维实体 231





第 12 章　从三维模型创建截面和线框图形……233
12.1　截面对象……233
12.1.1　截面对象概述……233
12.1.2　创建截面命令……234
12.2　修改截面视图……236
12.2.1　将折弯添加至截面……236
12.2.2　使用活动截面调整横截面……237
12.2.3　使用夹点修改截面对象……239
12.2.4　设置截面对象特性……240
12.2.5　将截面对象与视图或相机关联……241
12.3　将截面对象保存为块或工具……242
12.3.1　截面块概念……242
12.3.2　创建截面块命令……243
12.3.3　“截面设置”对话框……245
12.3.4　在独立图层上保存截面块部件的步骤……250
12.3.5　将截面对象保存为工具……250
12.3.6　发布截面对象……251
12.4　创建表示三维对象的横截面的面域……251
12.5　创建三维模型的展平二维视图……254
12.5.1　平面摄影概念……254
12.5.2　“flatshot”命令……254
12.5.3　“flatshot”命令应用举例……256
12.6　创建线框模型……257
第 13 章　视点、视图、视觉样式……259
13.1　视点命令……259
13.2　视点预设命令……260
13.3　相机命令……261
13.3.1　相机概念……261
13.3.2　创建相机……262
13.3.3　相机特性的修改……263
13.4　三维动态视图命令……265
13.4.1　视图投影模式……265
13.4.2　三维动态视图命令……265
13.5　视图命令……271
13.5.1　“视图管理器”对话框……272
13.5.2　“新建视图/快照特性”对话框……275
13.5.3　“背景”对话框……278
13.6　通过 ShowMotion 定义和更改视图……281
13.6.1　创建快照及快照序列……281
13.6.2　使用 ShowMotion……282
13.6.3　修改快照及快照序列……284
13.7　视觉样式管理器……285
第 14 章　视口……295
14.1　多视口概念……295
14.2　在模型空间中创建多视口……296
14.2.1　多视口命令……296
14.2.2　从命令行创建视口……297
14.3　在图纸空间中创建浮动视口……300
14.3.1　创建浮动视口的“视口”对话框……301
14.3.2　浮动视口和浮动模型空间之间的切换……302
14.3.3　从命令行创建浮动视口……302
14.3.4　布局视口剪裁……305
14.4　在布局中创建三维实体的二维轮廓图……306
14.5　在布局中创建三维模型的投影视图……309
14.5.1　创建三维模型的投影视图的浮动视口……309
14.5.2　在“solview”的布局视口中生成轮廓或截面……314
第 15 章　导航命令……316
15.1　ViewCube 工具……316
15.1.1　ViewCube 概述……316
15.1.2　用 ViewCube 重新设置模型视图的方向……316
15.1.3　ViewCube 菜单……318
15.1.4　显示、隐藏 ViewCube 工具……319
15.1.5　“navvcube”命令……319
15.1.6　通过 ViewCube 更改 UCS……321
15.2　三维导航命令……322

15.2.1　三维平移命令 322
15.2.2　三维视图缩放命令 322
15.2.3　回旋 323
15.2.4　调整视距 323
15.2.5　漫游 323
15.2.6　飞行 326
15.2.7　漫游和飞行设置 326
15.2.8　漫游和飞行举例 327
15.3　动画 328
15.3.1　三维导航命令的动画 328
15.3.2　运动路径动画 330
15.3.3　举例 332
15.4　三维导航命令的右键菜单 332
15.5　SteeringWheels 334
15.5.1　SteeringWheels 概述 334
15.5.2　控制盘菜单 335
15.5.3　导航控制盘 335
15.5.4　导航工具 338
15.5.5　“SteeringWheels 设置”对话框 342
第 16 章　光源 344
16.1　光源概述 344
16.1.1　可用光源 344
16.1.2　光度控制光源 345
16.1.3　有关光度的术语 345
16.1.4　照明原则 345
16.2　光源类型、色调映射和光源调整 346
16.2.1　光源类型 346
16.2.2　色调映射 347
16.2.3　“光源单位”下拉菜单 347
16.3　使用点光源 349
16.3.1　点光源概述 349
16.3.2　点光源命令 349
16.3.3　目标点光源命令 354
16.4　使用聚光灯 354
16.4.1　聚光灯概述 354
16.4.2　聚光灯命令 355
16.4.3　自由聚光灯命令 358
16.5　使用光域灯光 359
16.5.1　光域灯光概述 359
16.5.2　创建光域灯光命令 360
16.6　使用平行光 361
16.6.1　标准光源流中的平行光 361
16.6.2　创建平行光命令 361
16.7　控制和操作光源 362
16.7.1　控制光源的显示 362
16.7.2　操作光源 363
16.8　控制光源特性 364
16.8.1　“模型中的光源”选项板 364
16.8.2　光源“特性”选项板 365
16.9　使用阳光与天光 369
16.9.1　阳光与天光概述 369
16.9.2　“阳光特性”选项板 371
16.9.3　“调整阳光与天光背景”对话框 373
16.9.4　地理位置 374
16.9.5　系统变量“TIMEZONE" 378
16.10　光源工具选项板 379
第 17 章　材质和纹理 381
17.1　材质概述 381
17.2　材质浏览器 381
17.3　创建新材质 386
17.3.1　“外观”选项卡 387
17.3.2　“信息”选项卡 391
17.4　将材质应用于对象、面和图层 392
17.4.1　将材质应用于对象、面 392
17.4.2　从对象上删除材质 393
17.4.3　将材质应用于层 394
17.4.4　材质和纹理的显示 395
17.5　贴图概述 396
17.5.1　使用贴图通道增加纹理真实感 396
17.5.2　贴图类型 397
17.6　修改贴图特性 399
17.7　调整对象和面上的贴图 402
17.7.1　材质贴图方式 402



17.7.2 贴图工具 403
第 18 章 渲染 407
18.1 渲染基础 407
18.1.1 了解面法线和隐藏曲面 407
18.1.2 最小化交叉的面和共面的面 408
18.1.3 平衡平滑几何图形的网格密度 409
18.2 三维模型的渲染 410
18.2.1 设定渲染目标 410
18.2.2 渲染命令 411
18.2.3 打开渲染窗口命令 414
18.3 高级渲染设置 414
18.3.1 渲染预设 415
18.3.2 特性设置面板 417
18.4 控制渲染环境 428
18.4.1 雾化/景深效果处理 428
18.4.2 背景 430
第 19 章 综合举例 432
19.1 三维对象的尺寸标注 432
19.2 三维建模举例 433
参考文献 442



第 1 章 AutoCAD 三维绘图入门

本章主要介绍 AutoCAD 三维绘图环境、三维图形的观察方法、简单的三维立体创建等，为后面的学习打下基础。

1.1 三维视图的观察

在 AutoCAD 中进行三维造型设计时，在二维绘图时使用的观察图形的方法（如缩放命令“zoom”、平移命令“pan”，利用滚轮进行缩放、平移等）一般情况下都可以使用，在此不再详述，请读者自行尝试。

1.1.1 三维绘图环境

AutoCAD 中的三维绘图或设计，不一定必须在三维绘图环境中进行，相反，有时在二维绘图环境中进行可能更方便。事实上，在三维绘图或设计时，时常需要在三维绘图环境和二维绘图环境之间转换，因此，读者在练习中也要随时注意使用这种转换。

如果要创建一个新图形，可以采用如下两种方法进入三维绘图环境（也叫三维建模工作空间）：

1）从“工作空间”中选择“三维建模”直接进入三维绘图环境。

2）执行“新建”命令“new”（或“qnew”），在打开的“选择样板”对话框中，选择文件“acadiso3D.dwt”（公制图形）或“acad3D.dwt”（英制图形）打开，将新建一个三维环境下的图形。

在作图过程中，可以通过改变视点（观察方向）的方法进入三维绘图环境。AutoCAD 的二维绘图环境可以看成是三维绘图环境的一个特例，即从垂直于 XY 平面的方向（正 Z 轴方向）观察的结果。如果改变视点，使视线不与 XY 平面、XZ 平面或 YZ 平面平行，就能观察到三维立体效果。AutoCAD 有多个改变观察方向的命令，这里只介绍最常用的命令和方法，详细的介绍请参看第 12 章。

1.1.2 特殊视点

为了看到视点改变的效果，可先绘制一个简单三维图形（如图 1-1 所示），可用长方体命令绘出（参见第 1.3.1 小节）。

表 1-1 列出了三维绘图中最常用的特殊视点，由于这些视点特殊且经常使用，这些视点所对应的视图称为预定义的标准正交视图和等轴测视图。应用表 1-1 中的视点所得到的视图就是标准正交视图或等轴测视图。按照下述 3 种方法，屏幕即可显示正交视图或等轴测视图：

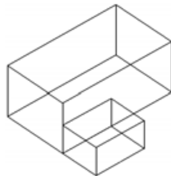


图 1-1 简单的三维图形

表 1-1　特殊视点

视　　点	视　　图	视　　点	视　　图
0，0，1	俯视图	−1，−1，1	西南等轴测（右前俯视图）
0，0，−1	仰视图	1，−1，1	东南等轴测（左前俯视图）
0，−1，0	主视图	1，1，1	东北等轴测（右后俯视图）
0，1，0	后视图	−1，1，1	西北等轴测（左后俯视图）
1，0，0	右视图		
−1，0，0	左视图		

- 打开“视图”工具栏（如图 1-2 所示），鼠标左键单击工具栏中任意一个按钮

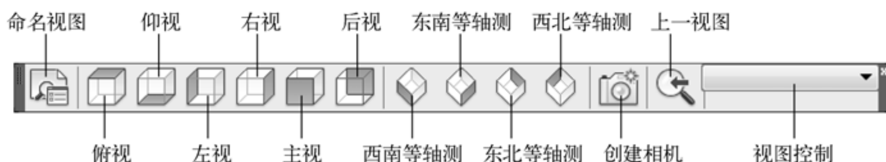


图 1-2　“视图”工具栏

- 在“视图”下拉菜单的“三维视图”的子菜单项（如图 1-3 所示）中进行选择
- 在三维建模工作空间中，从功能区“视图”选项卡的“视图”面板（如图 1-4 所示）中进行选择



图 1-3　“视图”下拉菜单的“三维视图”子菜单



图 1-4　“视图”选项卡的“视图”面板

1.1.3 动态观察命令

AutoCAD 提供了几个三维动态观察命令，这些命令所对应的工具栏是功能区的“视图”选项卡的“导航”面板上“动态观察”的子工具栏，如图 1-5 所示。这些命令也属于 AutoCAD 的三维导航命令，在“三维导航”工具栏上是“受约束的动态观察”按钮的子工具栏。使用这些命令，用户可通过鼠标动态地操控三维对象，使三维对象的显示更加灵活。

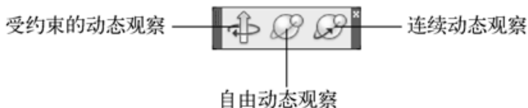


图 1-5　“动态观察”工具栏


注意

可以对整个视图应用三维动态观察命令；如果视图中有几个对象，也可以仅对一个或多个对象应用三维动态观察命令，方法是在启动三维动态观察命令之前，选中一个或多个对象。

1. 受约束的动态观察

使用“3dorbit”命令可动态地操控三维对象。命令的输入方式有：

- 命令：3dorbit ↙
- 工具栏：动态观察或三维导航
- 下拉菜单：视图(V)→动态观察(B)→受约束的动态观察(C)
- 功能区：“视图”选项卡→“导航”面板→“动态观察”子工具栏→动态观察
- 启动任意三维导航命令，在绘图区域中单击鼠标右键，然后选择“其他导航模式”→“受约束的动态观察(C)”
- 不执行任何命令时，按住〈Shift〉键并按住鼠标滚轮可临时进入“受约束的动态观察”模式。

一旦执行“3dorbit”命令，光标变成三维动态观察图标，按住鼠标左键拖动，可从任意方向观察三维模型。实际上，执行“3dorbit”命令时，三维模型将保持静止，而相机的位置（或视点）将围绕三维模型移动，但看起来好像三维模型正在随着鼠标光标的拖动而旋转。如果水平拖动光标，相机将平行于世界坐标系（WCS）的 XY 平面移动。如果垂直拖动光标，相机将在垂直于 XY 平面的一个平面上移动。

当该命令处于活动状态时，可以通过在绘图区域中单击鼠标右键，或选择“三维导航”工具栏上的按钮，来访问其他“3dorbit”选项和模式。请参见“3dorbit”快捷菜单。


注意

“3dorbit”命令处于活动状态时，无法编辑对象。

2. 自由动态观察

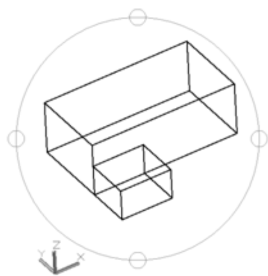
使用“3dforbit”命令可自由动态地操控三维对象。命令的输入方式有：

- 命令：3dforbit ↙
- 工具栏：动态观察或三维导航
- 下拉菜单：视图(V)→动态观察(B)→自由动态观察(F)
- 功能区：“视图”选项卡→“导航”面板→“动态观察”子工具栏→自由动态观察
- 启动任意三维导航命令，在绘图区域中单击鼠标右键，然后选择“其他导航模式”→自由动态观察(F)
- 按住快捷键〈Shift+Ctrl〉，然后按住鼠标滚轮可暂时进入“3 自由动态观察”模式

输入命令后，命令行提示：

按〈Esc〉或〈Enter〉键退出，或者单击鼠标右键显示快捷菜单

同时绘图区成为自由动态观察视图。如果用户坐标系 UCS 图标显示，那么表示当前 UCS 的图标成为着色的三维 UCS 图标，如图 1-6 所示。在自由动态观察视图状态下，用户可以通


图 1-6　自由动态观察

过鼠标动态地操控三维对象，当得到满意的视图后，回车退出“3dforbit”命令，或按〈Esc〉键退出，或从右键菜单选择“退出”命令。

三维自由动态观察视图显示一个导航球（即被较小的圆平分为四部分的一个大圆）。当光标移动到导航球的不同部分时，将显示为不同的光标形状。以下面所述的方式移动光标，视图中的三维对象将随之动态地变化。

当光标在导航球里边时，光标的形状如图 1-7a 所示。如果这时按住鼠标左键并拖动光标，就像光标抓住环绕对象的球体并围绕目标点对其在水平、垂直或对角方向上拖动拖动一样，只不过目标点是导航球的中心。

当在导航球外部移动光标时，光标的形状如图 1-7b 所示。如果这时按住鼠标左键并拖动光标转动，将使视图围绕延长线通过导航球的中心并垂直于屏幕的轴进行旋转。这种操作称为“卷动”。

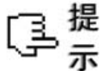
当光标在导航球左右两边的小圆上时，光标形状如图 1-7c 所示。如果这时按住鼠标左键并拖动光标左右移动，将使视图围绕通过导航球中心的垂直轴或 Y 轴旋转。

当光标在导航球上下两边的小圆上时，光标形状如图 1-7d 所示。如果这时按住鼠标左键并拖动光标上下移动，这将使视图围绕通过导航球中心的水平轴或 X 轴旋转。



图 1-7　三维动态观察器光标

a) 光标在导航球里边　b) 光标在导航球外边　c) 光标在左、右小圆上　d) 光标在上、下小圆上



处于受约束的动态观察模式中时，可通过按住〈Shift〉键来暂时进入“三维自由动态观察”模式。

3．连续动态观察

“3dcorbit”命令可以使三维对象连续地运动起来，从而动态地观察模型，命令的输入方式有：

- 命令：3dcorbit ↙
- 工具栏：动态观察/三维连续观察
- 下拉菜单：视图(V)→动态观察(B)→连续动态观察(O)
- 功能区：“视图”选项卡→“导航”面板→动态观察→连续动态观察
- 启动任意三维导航命令，在绘图区域中单击鼠标右键，然后选择“其他导航模式”→连续动态观察(O)

输入命令后，光标成为，命令行提示：

按〈Esc〉键或〈Enter〉键退出，或者单击鼠标右键显示快捷菜单。

在绘图区，如果坐标系 UCS 图标显示，那么表示当前 UCS 的图标成为着色的三维 UCS 图标，光标的形状变为外面环绕椭圆和矩形的小球，当得到满意的视图后，回车（即按〈Enter〉键）退出“3dorbit”命令。以下面所述的方式移动光标，视图中的三维对象将运动起来。

在绘图区按住鼠标左键并沿任意方向拖动一下，三维对象将沿拖动方向开始旋转。释放

鼠标左键，对象仍在鼠标移动的方向继续运动。光标移动的速度决定了对象的旋转速度。再次按住鼠标左键并沿任何方向拖动一下，可修改三维对象的旋转方向和速度。三维对象旋转时单击鼠标左键可以停止其转动。

在绘图区中单击鼠标右键并从弹出的快捷菜单中选择选项，也可以修改连续观察的显示方式。例如，选择“形象化辅助工具”的“栅格”选项，可向视图中添加栅格，而不需退出“连续观察”模式。



1.2 选择视觉样式

视觉样式是一组设置，用来控制视口中三维模型边缘和着色的显示。一旦对三维模型应用了视觉样式或更改了其设置，就可以在视口中查看视觉效果。

AutoCAD 有以下视觉样式：

二维线框：通过使用直线和曲线表示边界的方式显示对象。不使用“三维平行投影”的“统一背景”，而使用“二维建模空间”的“统一背景”（若要参考，单击“选项”对话框的“显示”选项卡的“颜色（C）…”按钮，打开“图形窗口颜色”对话框）。如果不消隐，所有的边、线都将可见，在此种显示方式下，复杂的三维模型难以分清结构。此时，当系统变量“COMPASS”为 1 时（即三维指南针在当前视口中打开），三维指南针也不会出现在二维线框视图中。

线框：即三维线框，通过使用直线和曲线表示边界的方式显示对象，所有的边和线都可见。在此种显示方式下，复杂的三维模型难以分清结构。此时，坐标系变为一个着色的三维 UCS 图标。如果系统变量“COMPASS”为 1（即三维指南针在当前视口中打开），三维指南针将出现。

隐藏：即三维隐藏，用三维线框表示法显示对象，并隐藏背面的线。此种显示方式可以较为容易和清晰地观察模型。

真实：使用平滑着色显示对象，并显示已附着到对象的材质。此种显示是三维模型的真实感表达。

概念：使用平滑着色和古氏面样式显示对象，同时对三维模型消隐。古氏面样式在冷暖颜色而不是明暗效果之间转换。效果缺乏真实感，但是可以更方便地查看模型的细节。

着色：使用平滑着色显示对象。

带边缘着色：使用平滑着色显示对象并显示可见边。

灰度：使用平滑着色和单色灰度显示对象并显示可见边。

勾画：使用线延伸和抖动边修改器显示手绘效果的对象，仅显示可见边。

X 射线：以局部透明方式显示对象，因而不可见边也会褪色显示。

使用视觉样式的方法有以下几种：

1）打开图 1-8 所示的“视觉样式”工具栏。单击其中一个按钮，视图即可显示相应的视觉样式。“视觉样式”工具栏中只有 AutoCAD 2010 及以前版本的五个视觉样式：“二维线框”、“三维线框”、“三维隐藏”、“真实”、“概念”，若要使用其余样式，可用其它几种方法。



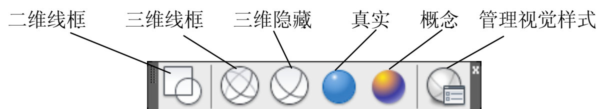


图 1-8 “视觉样式”工具栏

2）使用下拉菜单。从“视图”下拉菜单“视觉样式(S)”的子菜单命令中选择，如图 1-9 所示。

3）在三维建模工作空间中，从功能区“视图”选项卡的“视觉样式”面板“视觉样式”下拉列表中选择，如图 1-10 所示。

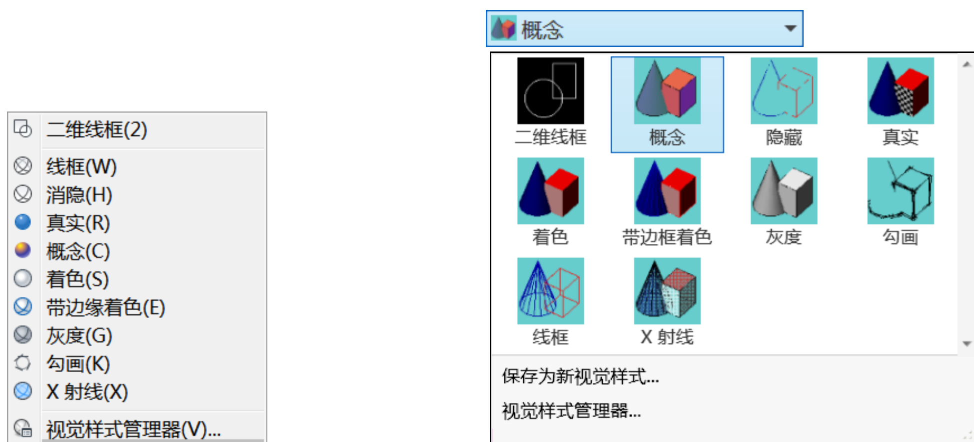


图 1-9 “视觉样式(S)”子菜单

图 1-10 “视觉样式”面板的“视觉样式”下拉列表

4）在三维建模工作空间中，从功能区“常用”选项卡的“视图”面板“视觉样式”下拉列表中选择，如图 1-10 所示。

5）在命令行输入命令“shademode”或“vscurrent”，输入选项关键字改变视觉样式。此时，命令行提示：

输入选项 [二维线框(2)/线框(W)/隐藏(H)/真实(R)/概念(C)/着色(S)/带边缘着色(E)/灰度(G)/勾画(SK)/X 射线(X)/其他(O)] <当前视觉样式>: *输入选项关键字回车 或 直接回车不改变视觉样式*

如果输入“O”之外的一个关键字回车，即选择了一种视觉样式，这与上面应用“视觉样式”工具栏的效果一样。如果输入“O”回车，则命令行出现重复提示：

输入视觉样式名称或 [?]: *输入视觉样式的名称 或 输入?回车*

如果输入视觉样式的名称回车，视图即显示相应的视觉样式。若输入“？”回车，则将打开 AutoCAD 文本窗口，显示视觉样式名称列表，并重复该提示，按〈Esc〉键退出该提示。

1.3 三维实体图元

所谓实体是指实心的立体对象。本节将介绍基本实体图元，包括长方体、圆锥体、圆柱体、球体、圆环体和楔形体等。

注意，在下面实体图元的创建过程中，输入实体图元的长度、宽度、高度值时，正值将分别沿当前UCS 的 X、Y、Z 轴正方向绘制，负值将沿 X、Y、Z 轴负方向绘制。

1.3.1 长方体

“box”命令用来创建长方体，如图 1-11 所示。长方体的底面平行于当前 UCS 的 XY 平面。

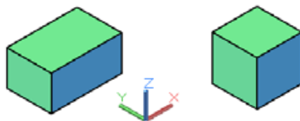


图 1-11 长方体和正方体

命令的输入方式有：

- 命令：box ↙
- 工具栏：建模→长方体
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→长方体(B)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“建模”面板→长方体；三维建模空间→“实体”选项卡→“图元”面板→长方体

命令输入后，命令行主提示为：

指定第一个角点或[中心(C)]: *输入长方体的第一个角点 或 输入“C”回车*

1. 指定第一个角点

该选项为首选项，要求指定长方体底面的第一个角点，输入第一个角点后，接下来提示：

指定其他角点或[立方体(C)/长度(L)]: *输入长方体的另一个角点 或 输入“C”回车画正方体 或 输入“L”回车按长、宽、高画长方体*

1）“指定其他角点”是首选项，要求输入长方体的另一个角点。根据另一个角点的位置会有两种情形：如果此点与第一个角点位置不在同一个平面上，则根据这两个点的位置生成一个长方体；如果此点与第一个角点在同一平面上，则继续提示：

指定高度或[两点(2P)]<默认高度值>: *直接回车使用默认高度 或 移动鼠标拉高长方体到所需高度后单击左键 或 输入长方体的高度值回车 或 输入“2P”回车*

若输入“2P”回车，接下来提示：

指定第一点: *输入第一点*

指定第二点: *输入第二点*

两点的距离为长方体高度。

2）若对提示“指定其他角点或[立方体(C)/长度(L)]:”输入“C”回车，则将创建立方体，接下来提示：

指定长度<默认长度值>: *直接回车使用默认长度 或 移动鼠标到所需长度后单击左键 或 输入立方体的长度值回车* **注意：光标的位置确定长方体的位置**

3）若对提示“指定其他角点或[立方体(C)/长度(L)]:”输入“L”回车，则将按长、宽、高画长方体，接下来提示：

指定长度<默认长度值>: *直接回车使用默认长度 或 移动鼠标到所需长度后单击左键 或 输入长度值回车* **注意：光标的位置确定长方体的位置**

指定宽度<默认宽度值>: *直接回车使用默认宽度 或 移动鼠标到所需宽度单击左键 或 输入宽度值回车*

指定高度或[两点(2P)] <默认高度值>: 直接回车使用默认高度 或 移动鼠标到所需高度后单击左键 或 输入宽度值回车 或 输入 “2P” 回车

若输入“2P”回车，则将由两点确定长方体的高度，接下来提示：

指定第一点：*输入第一点*

指定第二点：*输入第二点*

两点的距离为长方体高度。

2．中心(C)

若对主提示输入“C”回车，则下面将指定长方体的中心，接下来提示：

指定中心：*输入中心点*

指定角点或[立方体(C)/长度(L)]：*输入长方体的一个角点 或 输入 “C”、“L”之一回车*

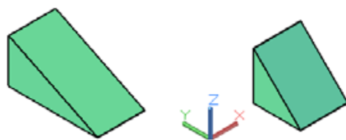
“指定角点”是首选项，要求输入长方体的一个角点。如果在此输入的角点与中心点位置不在同一个平面上，则根据这两个点的位置生成一个长方体；如果指定的角点与中心点在同一个平面上，接下来提示：

指定高度或[两点(2P)]<当前默认高度值>：*回答方式与前面所述相同。*

若输入“C”回车，则将创建立方体；若输入“L”回车，则将按长、宽、高画长方体。回答方式与前面所述相同，不再重述。

1.3.2 楔体

“wedge”命令可以创建面为矩形或正方形的楔体，如图 1-12 所示。默认情况下楔体的底面与当前 UCS 的 XY 平面平行，斜面正对第一个角点，楔体的高度与 Z 轴平行。


图 1-12　楔体和等边楔体

命令的输入方式有：

- 命令：wedge ↙。
- 工具栏：建模→楔体。
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→楔体(W)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“建模”面板→“长方体”下拉菜单→楔体；

  三维建模空间→“实体”选项卡→“图元”面板→“多段体”下拉菜单→楔体

命令行的楔体主提示为：

指定第一个角点或[中心(C)]：*输入楔体的第一个角点 或 输入 “C”回车*

1．指定第一个角点

该选项为首选项，如果输入楔体第一个角点，接下来提示：

指定其他角点或 [立方体(C)/长度(L)]：*输入楔体的另一个角点 或 输入选项的关键字之一回车*

1）输入楔体的另一个角点后，接下来是确定楔体高度的提示：

指定高度或[两点(2P)] <当前高度>：*直接回车默认当前高度 或 移动鼠标到所需的高度后单击左键 或 输入高度回车 或 输入 “2P”回车*

如果输入“2P”回车，接下来提示：

指定第一点：*输入第一点*

指定第二点：*输入第二点*

两点的距离确定楔体的高度。

2）若输入“C”回车，将创建长、宽、高相等的楔体。接下来提示：

指定长度<当前默认长度>：*直接回车默认当前长度 或 移动鼠标到所需的长度后单击左键 或 输入长度回车*

3）若输入“L”回车，将指定底面长、宽后创建楔体。接下来提示：

指定长度<当前默认长度>: *直接回车默认当前长度 或 移动鼠标到所需的长度后单击左键 或 输入长度回车*

指定宽度<当前默认宽度>: *直接回车默认当前宽度 或 移动鼠标到所需的宽度后单击左键 或 输入宽度回车*

指定高度或[两点(2P)] <当前默认高度>: *回答方式与前面确定楔体高度的提示一样*

2．中心(C)

如果对主提示输入“C”回车，将先输入整个楔体的中心点。接下来提示：

指定中心: *输入中心点*

指定角点或[立方体(C)/长度(L)]: *输入角点 或 输入 “C”回车（创建长、宽、高相等的楔体） 或 输入 “L”回车（指定底面长、宽后创建楔体）*

如果输入角点，接下来提示：

指定高度或[两点(2P)] <当前默认高度>: *回答方式与前面确定楔体高度的提示一样*

1.3.3 圆锥体

可用“cone”命令创建底面为圆形或椭圆的尖头圆锥体或圆台，如图 1-13 所示。默认情况下，圆锥体的底面位于当前 UCS 的 XY 平面。圆锥体的高可为正值或负值。顶点决定了圆锥体的高和方向。

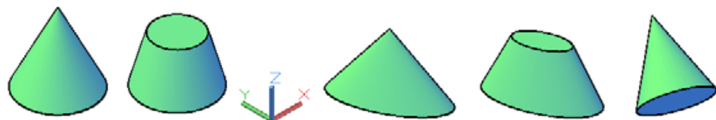


图 1-13　圆锥、圆台、椭圆锥、椭圆台及倾斜的圆锥

命令的输入方式有：

- 命令：cone ↙。
- 工具栏：建模→圆锥体
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→圆锥体(O)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“建模”面板→“长方体”下拉菜单→圆锥体；三维建模空间→“实体”选项卡→“图元”面板→“多段体”下拉菜单→圆锥体

命令行的圆锥体主提示为：

指定底面的中心点或[三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)/椭圆(E)]: *输入底面的中心点 或 输入选项的关键字之一回车*

1．指定底面的中心点

该选项为首选项，要求指定圆锥体底面的中心点，输入底面的中心点后，接下来提示：

指定底面半径或 [直径(D)]: *移动鼠标到所需的底面半径后单击左键 或 输入半径值回车 或 输入“D”回车指定底面直径，此时提示为“指定直径:”，回答方式与指定底面半径类似*

接下来是确定圆锥高度或是否创建圆台的提示：

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)] <默认高度值>: *直接回车默认高度值 或移动鼠标到所需的高度位置后单击左键 或 输入高度值回车 或 输入选项关键字之一回车*

1）此时指定高度是首选项，高度确定后命令结束。

2）如果输入“2P”回车，则由两点确定圆锥体的高度，接下来提示：

指定第一点: *输入第一点*

指定第二点: *输入第二点*

两点的距离为圆锥体高度。

3）如果输入“A”回车，将确定圆锥体的顶点位置，接下来提示：

指定轴端点: *输入一点*

轴端点可以位于三维空间的任何位置。随顶点位置的不同，轴端点定义了圆锥体的长度和方向。圆锥体的底面不一定位于当前 UCS 的 XY 平面上，其轴线不一定与 Z 轴平行。

4）如果输入“T”回车，将创建圆台，接下来提示：

指定顶面半径 <默认半径值>: *直接回车默认半径值 或 移动鼠标到所需的顶面半径后单击左键 或 输入半径值回车*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)] <默认高度值>: *直接回车默认高度值 或 移动鼠标到所需的高度位置后单击左键 或 输入高度值回车 或 输入“2P”回车（由两点确定圆台的高度，与前面两点确定圆锥高度一样） 或 输入“A”回车（确定圆台的顶面圆心点，与前面确定圆锥的顶点一样）*

2．三点(3P)

如果对主提示输入“3P”回车，将通过以指定三点设置圆锥体底面的位置、大小的方式来创建圆锥或圆台，接下来提示：

指定第一点: *输入圆锥体底面圆周上的第一点*

指定第二点: *输入圆锥体底面圆周上的第二点*

指定第三点: *输入第三点，确定圆锥体底面的大小和平面旋转*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)] <默认高度值>: *对该提示的回答参看确定圆锥高度或是否创建圆台的提示*

“三点”选项可在三维空间内的任意位置处定义圆锥体底面的大小和所在平面。因此，圆锥体的底面不一定位于当前 UCS 的 XY 平面上，其轴线不一定与 Z 轴平行。

3．两点(2P)

如果对主提示输入“2P”回车，将根据两点定义圆锥体的底面直径创建圆锥或圆台，接下来提示：

指定直径的第一个端点: *输入圆锥体底面圆周上的第一个端点*

指定直径的第二个端点: *输入圆锥体底面直径的第二个端点，确定圆锥体底面的基本位置和大小*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)] <默认高度值>: *对该提示的回答参看确定圆锥高度或是否创建圆台的提示*

4．切点、切点、半径(T)

如果对主提示输入“T”回车，将创建底面与两个对象相切的圆锥或圆台，接下来提示：

指定对象的第一个切点: *光标移动到第一个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定对象的第二个切点: *光标移动到第二个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定圆的半径 <默认半径值>: *直接回车默认半径值 或 输入半径值回车 或 输入一点（而后继续提示*

"指定第二点"，两点距离为半径）

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)]: *对该提示的回答参看确定圆锥高度或是否创建圆台的提示*

创建的新圆锥体位于尽可能接近指定的切点的位置，这取决于半径距离。相切的对象是圆、圆弧、直线类的二维对象和某些具有圆、圆弧、直线棱的三维对象。

5．椭圆(E)

如果对主提示输入"E"回车，将创建底面为椭圆的圆锥或圆台，接下来提示：

指定第一个轴的端点或[中心(C)]: *输入椭圆第一个轴的一个端点 或 输入 "C" 回车*

1）如果输入椭圆第一个轴的一个端点，接下来提示：

指定第一个轴的其他端点: *输入椭圆第一个轴的另一个端点*

指定第二个轴的端点: *移动鼠标到所需点单击左键 或 输入第二个轴的端点*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)] <默认高度值>: *对该提示的回答参看确定圆锥高度或是否创建圆台的提示*

2）如果对"指定第一个轴的端点或 [中心(C)]:"输入"C"回车，将指定椭圆圆锥体底面的中心点，接下来提示：

指定中心点: *输入中心点*

指定到第一个轴的距离 <默认距离值>: *直接回车默认距离 或 移动鼠标到所需的位置后单击左键 或 输入距离回车*

指定第二个轴的端点: *移动鼠标到所需点单击左键 或 输入第二个轴的端点*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)] <默认高度值>: *对该提示的回答参看确定圆锥高度或是否创建圆台的提示*

1.3.4 圆柱体

"cylinder"命令可以创建以圆或椭圆为底面的实体圆柱体，如图 1-14 所示。默认情况下，圆柱体的底面位于当前 UCS 的 XY 平面上。圆柱体的高度与 Z 轴平行。

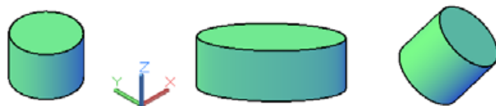


图 1-14　圆柱、椭圆柱及倾斜的圆柱

命令的输入方式有：

- 命令：cylinder ↙
- 工具栏：建模→圆柱体
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→圆柱体(C)
- 功能区：三维建模空间→"常用"选项卡→"建模"面板→长方体下拉菜单→圆柱体；三维建模空间→"实体"选项卡→"图元"面板→圆柱体

命令行的圆柱体主提示为：

指定底面的中心点或 [三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)/椭圆(E)]:

主提示的各选项分别为：指定圆柱的底面中心创建圆柱；通过指定三点设置圆柱底面创

建圆柱；根据两点定义圆柱的底面直径创建圆柱；创建底面与两个对象相切的圆柱；创建底面为椭圆的椭圆柱。这些创建圆柱的过程与“cone”命令创建圆锥的过程几乎一样，读者可参照前面的“cone”命令进行理解。

1.3.5 棱锥体

“pyramid”命令可以创建最多具有 32 个侧面的实体棱锥体或棱台，如图 1-15 所示。也可以创建倾斜的棱锥或棱台。

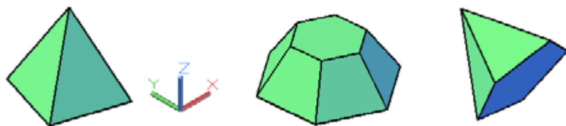


图 1-15　棱锥、棱台及倾斜的棱锥

命令的输入方式有：

- 命令：pyramid ↙
- 工具栏：建模→棱锥体
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→棱锥体（Y）
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“建模”面板→“长方体”下拉菜单→棱锥体；三维建模空间→“实体”选项卡→“图元”面板→“多段体”下拉菜单→棱锥体

命令行的棱锥体主提示为：

指定底面的中心点或[边(E)/侧面(S)]: *输入底面的中心点 或 输入选项的关键字之一回车*

1．指定底面的中心点

这是首选项，输入底面的中心点后，底面正多边形是按其内接或外切一个圆来确定的，因此接下来提示：

指定底面半径或[内接(I)]: *移动鼠标到所需的半径长度后单击左键 或 输入半径值回车 或 输入 “I” 回车*

默认情况为底面正多边形按外切于圆绘制，若输入“I”回车，则底面正多边形是内接于圆的，接下来提示：

指定底面半径或[外切(C)]: *移动鼠标到所需的半径长度后单击左键 或 输入半径值回车 或 输入 “C” 回车转回到底面正多边形按外切圆绘制*

设定好底面半径后将会出现确定棱锥高度或是否创建棱台的提示：

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)]: *移动鼠标到所需的高度位置后单击左键 或 输入高度值回车 或 输入选项关键字之一回车*

（1）指定高度

指定高度后棱锥完成，命令结束。

（2）两点(2P)

如果输入“2P”回车，将由两点确定棱锥体的高度，接下来提示：

指定第一点: *输入第一点*

指定第二点: *输入第二点*

两点的距离为棱锥体高度。

（3）轴端点(A)

如果输入“A”回车，将确定棱锥体的顶点，接下来提示：

指定轴端点: *输入一点*

随顶点位置的不同，棱锥体的底面不一定位于当前 UCS 的 XY 平面上，其轴线不一定与 Z 轴平行。轴端点定义了棱锥体的长度和方向。

（4）顶面半径(T)

如果输入“T”回车，将创建棱台，要求输入棱台另一底面正多边形的内接圆半径（底面正多边形外切于圆），接下来提示：

指定顶面半径 <默认半径值>: *直接回车默认半径值 或 移动鼠标到所需的顶面半径后单击左键 或 输入半径值回车*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)]: *移动鼠标到所需的高度位置后单击左键 或 输入高度值回车 或 输入“2P”回车（由两点确定圆台的高度，与前面两点确定棱锥高度一样） 或 输入“A”回车（确定棱台的顶面圆心点，与前面确定棱锥的顶点一样）*

2．边(E)

如果对棱锥主提示输入“E”回车，将按棱锥体的底面边长确定底面，接下来提示：

指定边的第一个端点: *输入第一点*

指定边的第二个端点: *输入第二点*

指定高度或 [两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)]: *对该提示的回答参看确定棱锥高度或是否创建棱台的提示*

3．侧面(S)

如果对棱锥主提示输入“S”回车，将确定棱锥体的侧面数，接下来提示：

输入侧面数〈当前值〉: 输入侧面个数 或 直接回车仍按侧面个数的当前值创建棱锥

接下来回到主提示“指定底面的中心点或[边(E)/侧面(S)]:”，按前面已述回答。

1.3.6 球体

“sphere”命令中有多种方法创建球体，如图 1-16 所示。如果从圆心开始创建，球体的中心轴将与当前用户坐标系（UCS）的 Z 轴平行。

命令的输入方式有：

- 命令：sphere ↙
- 工具栏：建模→球体
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→球体(S)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“建模”面板→“长方体”下拉菜单→球体；三维建模空间→“实体”选项卡→“图元”面板→球体

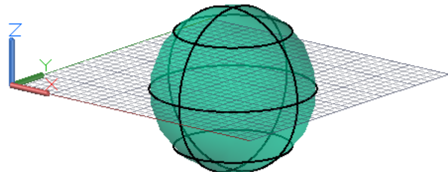


图 1-16　球体

命令行的球体主提示为：

指定中心点或[三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)]: *输入球的中心点 或 输入选项的关键字之一回车*

1．指定中心点

该选项为首选项，如果输入球的中心点，接下来提示：

指定半径或[直径(D)]: *移动鼠标到所需的半径后单击左键 或 输入半径值回车 或 输入 "D" 回车*

若输入“D”回车，接下来提示：

指定直径: *移动鼠标到所需的直径后单击左键 或 输入直径值回车*

2．三点(3P)

如果对主提示输入“3P”回车，将指定三点创建球体，接下来提示：

指定第一点: *输入球体表面上第一点*

指定第二点: *输入球体表面上第二点*

指定第三点: *输入球体表面上第三点*

3．两点(2P)

如果对主提示输入“2P”回车，将根据球直径创建球体，接下来提示：

指定直径的第一个端点: *输入球体直径的第一点*

指定直径的第二个端点: *输入球体直径的第二端点*

4．切点、切点、半径(T)

如果对主提示输入“T”回车，将创建与两个对象相切的球体，相切的对象是圆、圆弧、直线类的二维对象和某些具有圆、圆弧、直线棱的三维对象。接下来提示：

指定对象的第一个切点: *光标移动到第一个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定对象的第二个切点: *光标移动到第二个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定圆的半径: *输入半径值回车 或 输入一点（而后继续提示“指定第二点”，两点距离为半径）*

1.3.7 圆环体

torus 命令用来创建圆环，如图 1-17 所示。圆环体具有两个半径值：一个是圆管半径，另一个是路径半径，路径半径是圆环体的圆心到圆管的圆心之间的距离。默认情况下，圆环体将被绘制为与当前 UCS 的 XY 平面平行，且被该平面平分。

网格圆环体可以自交。自交的网格圆环体没有中心孔，因为圆管半径大于圆环体半径，如图 1-17 右侧所示。

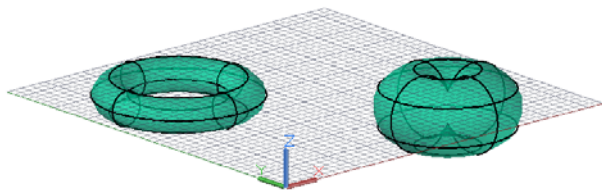


图 1-17　圆环体

命令输入方式：

- 命令：torus ↙
- 工具栏：建模→◎圆环体
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→◎圆环体(T)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“建模”面板→“长方体”下拉菜单

→◎圆环体；三维建模空间→“实体”选项卡→“图元”面板→“多段体”下拉菜单→◎圆环体

命令行的圆环体主提示为：

指定中心点或[三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)]: *输入圆环的中心点 或 输入选项的关键字之一回车*



1．指定中心点

该选项为首选项，如果输入圆环的中心点，接下来将提示指定路径半径：

指定半径或[直径(D)] <当前默认半径>: *直接回车默认当前半径 或 移动鼠标到所需的半径后单击左键 或 输入半径值回车 或 输入 “D” 回车（会出现提示 “指定圆环体的直径 <当前默认直径>:”，回答方式是：直接回车默认当前直径 或 移动鼠标到所需的直径后单击左键 或 输入直径回车）*

确定路径半径后，将出现指定圆管半径的提示：

指定圆管半径或[两点(2P)/直径(D)] <当前默认半径>: *直接回车默认当前半径 或 移动鼠标到所需的半径后单击左键 或 输入圆管半径值回车 或 输入 “2P”、“D” 之一回车*

若输入“2P”回车，将由两点确定圆管半径，接下来提示：

指定第一点：*输入第一点*

指定第二点：*输入第二点*

若输入“D”回车，接下来提示：

指定圆环体的直径 <当前默认直径>: *直接回车默认当前直径 或 移动鼠标到所需的直径后单击左键 或 输入直径回车*

2．三点(3P)

如果对主提示输入“3P”回车，将指定三点确定圆管的路径圆创建网格圆环体，接下来提示：

指定第一点：*输入圆管路径上第一点*

指定第二点：*输入圆管路径上第二点*

指定第三点：*输入圆管路径上第三点*

指定圆管半径或 [两点(2P)/直径(D)] <当前默认半径>: *回答方式与前面的确定圆管半径提示一样*

3．两点(2P)

如果对主提示输入“2P”回车，这是根据圆管的路径圆直径创建圆环体，接下来提示：

指定直径的第一个端点：*输入直径的第一端点*

指定直径的第二个端点：*输入直径的第二端点*

指定圆管半径或 [两点(2P)/直径(D)] <当前默认半径>: *回答方式与前面的确定圆管半径提示一样*

4．切点、切点、半径(T)

如果对主提示输入“T”回车，将定义两个对象上的切点，圆环体的路径位于尽可能接近指定的切点的位置，这取决于指定的半径距离。相切的对象是圆、圆弧、直线类的二维对象和某些具有圆、圆弧、直线棱的三维对象。接下来提示：

指定对象的第一个切点：*光标移动到第一个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定对象的第二个切点：*光标移动到第二个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定圆的半径 <当前默认半径>: *直接回车默认当前半径 或 输入两点，两点间的距离为半径 或 输入半径值回车*

指定圆管半径或 [两点(2P)/直径(D)] <当前默认半径>: *回答方式与前面的确定圆管半径提示一样*

1.4 消隐命令

当视觉样式为二维线框或三维线框时，三维模型的所有边和线都可见，即在三维观察方向下，被立体的可见表面遮挡住的线条（隐藏线）也会被显示，因而图形往往会显得混乱，以至于看不出三维立体的真实形状。

消隐命令“hide”可以重新生成不显示隐藏线的三维线框模型，从而使图形的显示更加清晰。对于单个物体，隐藏不可见轮廓线；对于多个物体，隐藏被前面立体遮挡的后面的立体。

以圆柱和长方体为例，在视觉样式为二维线框或三维线框且未消隐时，效果如图 1-18 所示；在视觉样式为二维线框且消隐时，效果如图 1-19 所示；在视觉样式为三维线框时，“hide”命令将当前视觉样式设置为“三维隐藏”，效果如图 1-20 所示。

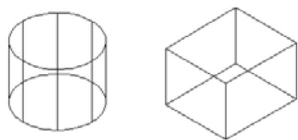


图 1-18 未消隐的圆柱和长方体

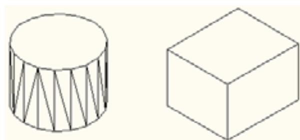


图 1-19 视觉样式为二维线框时消隐的圆柱和长方体

消隐命令的输入方式有：

- 命令：hide ↙
- 工具栏：渲染→消隐
- 下拉菜单：视图(V)→消隐(H)

命令输入后，AutoCAD 自动消隐，花费的时间取决于图形的复杂程度。

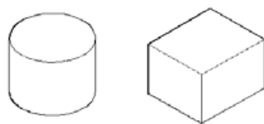


图 1-20 视觉样式为三维线框时消隐的圆柱和长方体

在三维图形操作时，未消隐的二维线框或三维线框模型很有用。如果消隐后要回到未消隐状态，可将视觉样式改为三维线框。如果是在二维线框的消隐状态，还可使用重新生成命令“regen”。

在视觉样式为二维线框时，当系统变量“DISPSILH”值为 0 时，使用“hide”命令后显示网格；当系统变量“DISPSILH”值为 1 时，使用“hide”命令后不显示网格。图 1-21 是圆柱和球在“DISPSILH”的不同值时消隐的效果。

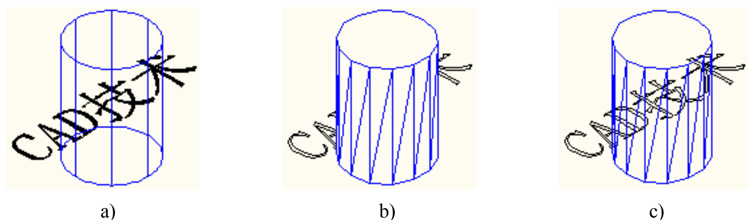


图 1-21 系统变量“DISPSILH”为不同值时的效果

a)“DISPSILH”为 0 时使用“hide”命令 b)“DISPSILH”为 1 时使用“hide”命令

在视觉样式为二维线框时，使用“hide”命令之前，原图如图 1-22a 所示；当系统变量

“HIDETEXT”值为 1 时，使用“hide”命令，可以隐藏使用命令“dtext”、“mtext”或“text”创建的文字，如图 1-22b 所示；当系统变量“HIDETEXT”值为 0 时，不能隐藏文字，如图 1-22c 所示。

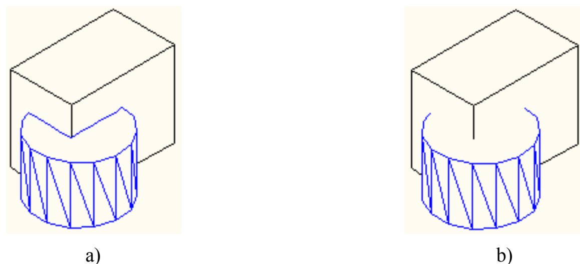


a) b) c)

图 1-22 文字的隐藏

a) 未使用“hide”命令 b)“HIDETEXT”值为 1 时使用“hide”命令 c)“HIDETEXT”值为 0 时使用“hide”命令

在视觉样式为二维线框时，当系统变量“INTERSECTIONDISPLAY”值为 1 时，使用“hide”命令，面与面的相交线显示，如图 1-23a 所示；当系统变量“INTERSECTIONDISPLAY”值为 0 时，使用“hide”命令，面与面的相交线不显示，如图 1-23b 所示。



a) b)

图 1-23 系统变量“INTERSECTIONDISPLAY”的效果

a)“INTERSECTIONDISPLAY”值为 1 时使用“hide”命令 b)“INTERSECTIONDISPLAY”值为 0 时使用“hide”命令

三维隐藏视觉样式不遵从“INTERSECTIONDISPLAY”的设置。

1.5 “特性”和“快捷特性”选项板

1.5.1 “特性”选项板

“特性”选项板是一个修改功能非常全面的工具。在“特性”选项板中，可以查看任何选定对象的所有特性并且可以修改任何可以更改的特性，包括用户自己定义的特性。

“特性”选项板在一般的 AutoCAD 二维绘图书籍中都会介绍，这里为了后面应用方便予以简单介绍。

打开“特性”选项板的方式有：

- 命令：properties↙或 ddmodify↙或 pr↙
- 工具栏：标准→特性
- 下拉菜单：修改(M)→特性(P) 或 工具→选项板→特性(P)
- 功能区：三维建模工作空间的“视图”选项卡→“选项板”面板→

● 快捷键：〈Ctrl+1〉
● 快捷菜单：选中要查看或修改其特性的对象，在绘图区域单击右键，打开快捷菜单，然后选择“特性”。
● 快捷方式：在多数对象上双击可以显示“特性”选项板。

图 1-24 是固定形式的“特性”选项板（没有选中对象），图 1-25 是浮动形式的“特性”选项板（选中三维对象）。

用“特性”选项板修改选中对象的步骤是：

第一步：打开“特性”选项板，在没有命令执行时选择对象；或在没有命令执行时先选择对象，再打开“特性”选项板。按〈Esc〉键放弃选择。

第二步：在“特性”选项板的特性列表中选中对象的某个特性，在其右格修改特性值。

一些特性修改后立即生效，一些特性修改后要按回车键才生效。


注意

如果选择了多个对象，或选择了一些单独的图形对象，光标放到其上双击鼠标左键，会打开“特性”选项板。而对于单独的文字、块、填充的图案等，光标放到其上双击，则是打开相应的对话框或编辑器。

举例：利用“特性”选项板修改立方体的长、宽、高，使其成为普通长方体。

选中立方体，其特性选项板如图 1-25 所示，在选项板上面的对象类型下拉列表框中显示“三维实体”。单击“几何图形”栏的“长度”、“宽度”或“高度”，在其右格修改相应的值。



图 1-24　固定的“特性”选项板（无选择）



图 1-25　浮动的“特性”选项板（选择立方体）

1.5.2 “快捷特性”选项板

使用“快捷特性”选项板，可以为一个选定对象或一个选择集中的所有对象编辑特性。

启用或禁用“快捷特性”选项板的方法有：

● 单击状态栏中的 “快捷特性”按钮

● 在命令行输入系统变量“QPMODE”，对提示以 1 或 0 响应

启用“快捷特性”选项板后，在选中对象时将显示“快捷特性”选项板。图 1–26 是选中一个拉伸曲面后的“快捷特性”选项板。单击列表的右格，可修改其特性。



图 1–26 “快捷特性”选项板

选定对象后的“快捷特性”选项板上显示的特性是所有对象类型的共同特性，也是选定对象的专用特性，与“特性”选项板上的特性以及用于鼠标悬停工具提示的特性相同。

在状态栏上的“快捷特性”按钮上单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中单击“设置”，可在打开的“草图设置”对话框“快捷特性”选项板中进行显示、位置、行为的设置。

用户也可自定义显示在“快捷特性”选项板上的特性，这里不再赘述。

1.6 三维对象捕捉

三维对象捕捉的使用方法与二维对象捕捉一样，在此不再赘述。选择三维对象的对象捕捉模式的方法有以下几种：

1）打开“草图设置”对话框，在其“三维对象捕捉”选项卡（如图 1–27 所示）中选择所需的对象捕捉模式，然后单击“确定”按钮。可按如下方法打开“草图设置”对话框的“三维对象捕捉”选项卡：

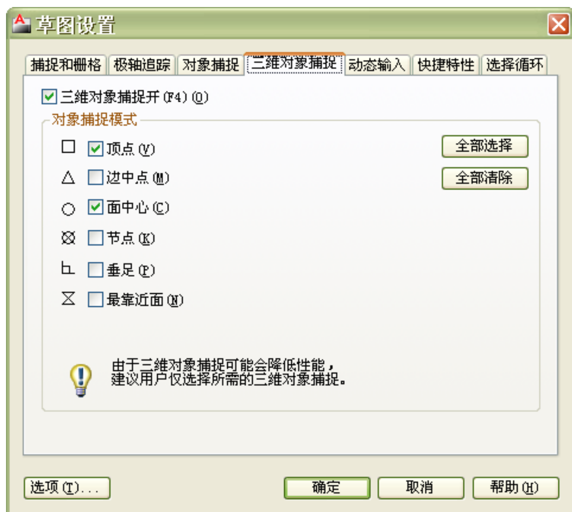


图 1–27 “三维对象捕捉”选项卡

● 命令：3dosnap ↙ 或 ' 3dosnap↙（用于透明使用）
● 下拉菜单:“工具(T)”→“草图设置(F)……”→“三维对象捕捉”选项卡
● 快捷菜单:在绘图区域中按住〈Shift〉键的同时单击鼠标右键，从打开的菜单中选择“三维对象捕捉”→“对象捕捉设置”
● 在状态栏的“三维对象捕捉”按钮上单击鼠标右键，从打开的菜单中选择“设置

(S)……”

2）在状态栏的“三维对象捕捉”按钮上单击鼠标左键，从打开的菜单中选择捕捉模式。

3）在绘图区域中按住〈Shift〉键同时单击鼠标右键，从打开的菜单中选择“三维对象捕捉”子菜单，再从子菜单中选择捕捉模式。

注意　由于三维对象捕捉会降低性能，因此请仅选择所需的对象捕捉。

第 2 章　三维坐标系和坐标



这一章讨论三维绘图中三维坐标系、坐标及三维对象的空间定位等相关内容。

2.1　用户坐标系

2.1.1　用户坐标系概念

AutoCAD 有两个坐标系：一个是被称为世界坐标系（WCS）的固定坐标系，一个是被称为用户坐标系（UCS）的可移动坐标系。默认情况下，这两个坐标系在新图形中是重合的。

在三维绘图中，可随时建立或改变 UCS。UCS 是一个很有用的工具，灵活地应用 UCS，可给绘图带来很大方便，对于复杂图形尤其重要。

一旦改变或建立新的 UCS，UCS 的 XY 平面将成为当前工作平面，输入的坐标都是在当前 UCS 下的，栅格显示、栅格捕捉、正交模式和对象追踪等也都是在当前 UCS 下的。

例如，如果要在倾斜的面上绘图或标注，建立 UCS，使其 XY 平面与斜面重合（如图 2-1 所示），将非常方便。

UCS 的坐标轴符合右手定则，即将右手手背靠近计算机屏幕放置，大拇指指向 X 轴的正方向，伸出食指和中指，食指指向 Y 轴的正方向，中指所指向的方向即 Z 轴的正方向，如图 2-2 左图所示。通过旋转手，可以看到 X、Y 和 Z 轴如何随着 UCS 的改变而旋转。

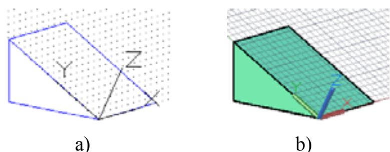


图 2-1　XY 平面与斜面重合的 UCS

a) 二维线框视觉样式　b) 概念视觉样式

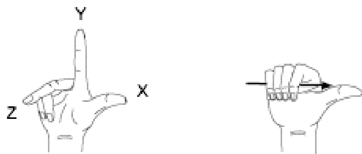


图 2-2　UCS 的右手定则

还可以使用右手定则确定三维空间中绕坐标轴旋转的默认正方向。将右手拇指指向轴的正方向，卷曲其余四指，四指所指示的方向即轴的正旋转方向，如图 2-2 右图所示。



注意　默认情况下，三维视图是相对于固定的 WCS 而不是可移动的 UCS 建立的。

2.1.2　用户坐标系命令

“ucs”命令用于建立和改变用户坐标系。命令的输入方式有：

- 命令：ucs ↙
- 工具栏：UCS 工具栏的每一个按钮是“ucs”命令的一个选项，如图 2-3 所示
- 下拉菜单：工具（T）→新建 UCS（W）的每一个菜单项
- 功能区：三维建模工作空间“常用”（或“视图”）标签→“坐标”面板的按钮（按钮与图 2-3 的按钮一样，注意右侧有▼标志的按钮还有下拉按钮）



图 2-3　UCS 工具栏的按钮

从命令行输入命令“ucs”后回车，或单击按钮，将出现下面的主提示：

当前 UCS 名称:　　*当前坐标系名称*

指定 UCS 的原点或[面(F)/命名(NA)/对象(OB)/上一个(P)/视图(V)/世界(W)/X/Y/Z/Z 轴(ZA)] <当前坐标系名称>: *在屏幕上指定一点或输入一点的坐标回车 或 输入一个选项关键字回车 或 直接回车不改变坐标系*

如果从菜单或其他按钮输入命令，其作用是输入 UCS 命令的一个选项，下面逐个介绍各个选项的含义。

1．指定 UCS 的原点

使用一点、两点或三点定义一个新的 UCS。对主提示在屏幕上指定一点或输入一点的坐标回车，接下来提示：

指定 X 轴上的点或<接受>: *直接回车 或 在屏幕上指定一点 或 输入一点的坐标回车*

如果直接回车，将指定单个点建立一个新坐标系，当前 UCS 的原点移动，但 X、Y 和 Z 轴的方向不会更改。如果在屏幕上指定一点或输入一点的坐标回车，接下来提示：

指定 XY 平面上的点或<接受>: *直接回车 或 在屏幕上指定一点 或 输入一点的坐标回车*

如果直接回车，将指定两点建立一个新坐标系，UCS 将绕先前指定的原点旋转，以使 UCS 的 X 轴正半轴通过该点。如果在屏幕上指定一点或输入一点的坐标回车，将指定三点建立一个新坐标系，UCS 将绕 X 轴旋转，以使 UCS 的 XY 平面的 Y 轴正半轴包含该点。

这三点可以指定原点、正 X 轴上的点以及正 XY 平面上的点。

2．面(F)

使用户坐标系与三维实体上的面对齐来定义一个新的 UCS。通过单击面的边界内部或面的边来选择面。新 UCS 的原点为离拾取点最近的线的端点，X 轴将与选定的第一个面上的最近的边对正。对主提示输入“F”回车，接下来提示：

选择实体对象的面: *在实体对象面的边界内或面的边上单击*

输入选项 [下一个(N)/X 轴反向(X)/Y 轴反向(Y)] <接受>: *输入 “N”、“X”、“Y”之一回车 或 直接回车选择接受*

各选项的含义为：

1）下一个(N)：将 UCS 定位于邻接的面或选定边的后向面。

2）X 轴反向(X)：将 UCS 绕 X 轴旋转 180°。

3）Y 轴反向(Y)：将 UCS 绕 Y 轴旋转 180°。

4）接受：接受当前 UCS 的位置。

3．命名(NA)

按名称保存、恢复、删除或列出已定义的 UCS。对主提示输入“NA”回车，接下来提示：

输入选项 [恢复(R)/保存(S)/删除(D)/?]: *输入“R”、“S”、“D”或“？”之一回车*

各选项的含义为：

1）恢复(R)：此选项用来恢复已经存储的命名 UCS，使之成为当前 UCS。选择此项后的提示为：

输入要恢复的 UCS 名称或[?]: *输入要恢复的 UCS 名称回车 或 输入“？”后回车*

若输入 UCS 的名称回车，则该 UCS 将成为当前坐标系。若以“？”响应，将列出当前或全部的 UCS 的详细信息，回答方式参看“4）？”。

2）保存(S)：给新建的 UCS 命名并保存，选择此项后的提示为：

输入保存当前 UCS 的名称或[?]: *输入新建的 UCS 名称回车 或 输入“？”后回车*

可以为新建的 UCS 输入一个保存名称，然后回车保存完成。若以“？”响应，将列出当前或全部的 UCS 的详细信息，回答方式参看“4）？”。

3）删除(D)：删除已存储的 UCS，选择此项后的提示为：

输入要删除的 UCS 名称<无>: *输入要删除的 UCS 的名称列表回车 或 直接回车不删除任何 UCS*

输入 UCS 的名称列表时要在两个 UCS 名称之间加逗号，例如“u1，u2”；也可以使用通配符“*”和“？”，例如“a1，u*”。

4）？：用来打开“AutoCAD 文本窗口”，文本窗口中列出了当前或全部的 UCS 的详细情况，选择此项后的提示为：

输入要列出的 UCS 名称<*>: *输入 UCS 的名称列表回车 或 直接回车*

若输入 UCS 的名称列表回车，则将列出这些 UCS 的信息。输入 UCS 的名称列表时要在两个 UCS 名称之间加逗号，例如“u1，u2”；也可以使用通配符“*”和“？”，例如“a1，u*”。

若对提示直接回车，将列出所有已保存的 UCS 的名称及信息。按〈F2〉键后关闭“AutoCAD 文本窗口”。

4．对象（OB）

该选项的作用是通过选择一个对象来定义新的坐标系。将新用户坐标系与选定的对象对齐，新坐标系的 Z 轴与所选对象的 Z 轴具有相同的正方向，新坐标系的原点及 X 轴的正方向视不同对象而定。

对于大多数对象，新 UCS 的原点位于离选定对象最近的顶点处，并且 X 轴与一条边对齐或相切。对于平面对象，UCS 的 XY 平面与该对象所在的平面对齐。对于复杂对象，将重新定位原点，但是轴的当前方向保持不变。根据所选对象的不同，创建新 UCS 的方法如下：

1）圆弧：弧的圆心为新 UCS 的原点，新 UCS 的 X 轴通过距拾取点最近的弧的端点。

2）圆：圆心为新 UCS 的原点，新 UCS 的 X 轴通过拾取点。

3）二维多段线：多段线的起点成为新 UCS 的原点，X 轴沿从起点到下一顶点的线段延伸。



4）尺寸标注：文字的中点为新 UCS 的原点，新 UCS 的 X 轴与标注该尺寸文字时的 UCS 的 X 轴方向相同。

5）直线：距拾取点最近的直线的端点成为新 UCS 的原点，对于二维直线，X 轴过拾取点；对于三维直线，将设置新的 X 轴，但使该直线位于新 UCS 的 XZ 平面上。在新 UCS 中，该直线的第二个端点的 Y 坐标为零。

6）点：新 UCS 的原点为该点，X 轴方向不定。

7）实体：二维实体的第一点确定新 UCS 的原点。新 X 轴沿前两点之间的连线方向。

8）文字、块、属性：以新 UCS 的原点为插入点，新 X 轴由对象绕其拉伸方向旋转定义。用于建立新 UCS 的对象在新 UCS 中的旋转角度为零。

9）宽线：宽线的“起点”成为 UCS 的原点，X 轴沿宽线的中心线方向。

10）三维面（由“3dface”命令绘制的网格面）：取第一点作为新 UCS 的原点，X 轴沿前两点的连线方向，Y 的正方向取自第一点和第四点。Z 轴由右手定则确定。

对主提示输入“OB”回车，之后，AutoCAD 提示：

选择对齐 UCS 的对象：*选择一个对象即可*


注意

三维多段线、三维网络、构造线不能执行此选项。

5．上一个（P）

对主提示输入“P”回车，将恢复上一个 UCS。AutoCAD 保留最后 10 个在模型空间中创建的用户坐标系以及最后 10 个在图纸空间布局中创建的用户坐标系。重复该选项将恢复到想要的 UCS。

6．视图（V）

对主提示输入“V”回车，将新 UCS 的 XY 平面与垂直于观察方向的平面对齐。此时，UCS 原点保持不变，但 X 轴和 Y 轴分别变为水平和垂直。这种方法对于要求观察方向与屏幕垂直时很有用。例如，在三维图形中输入文字，文字应该与屏幕平行，首先应使用视图（V）选项建立 UCS，再输入文字，将得到如图 2-4 所示的效果。

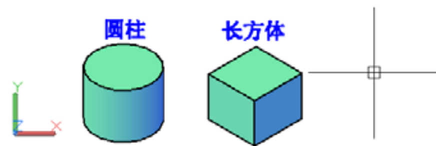


图 2-4　三维图形中输入文字

7．世界（W）

对主提示输入“W”回车，将由当前的 UCS 返回世界坐标系 WCS。这也是主提示的默认选项。

8．X/Y/Z

对主提示输入 X/Y/Z 回车，将 UCS 分别绕 X、Y、Z 轴旋转来定义新的 UCS。

绕 X 轴旋转来定义新的 UCS 的提示为：

指定绕 X 轴的旋转角度<90>：*输入要旋转的角度后回车　或　直接回车旋转 90°*

将右手拇指指向 X 轴的正向，卷曲其余四指，四指所指的方向即绕轴的正旋转方向。

绕 Y（Z）轴旋转的方法类似。

9．Z 轴（ZA）

对主提示输入“ZA”回车，将定义 UCS 新原点和新 Z 轴的方向。输入一个点作为新原点，再指定新 Z 轴的正半轴上的一点，这样，新原点和 Z 轴正方向上的一点就确定了新坐标



系的原点和新Z轴，新坐标系的X轴和Y轴方向随新Z轴的方向而定。这时的提示为：

指定新原点或 [对象(O)] <0，0，0>: *输入或鼠标指定新坐标系的原点X，Y，Z 或 输入O回车 或 直接回车以（0，0，0）为原点*

若指定新原点，接下来提示：

在正Z轴范围上指定点〈当前X坐标，当前Y坐标，当前Z坐标〉: *输入或鼠标指定新坐标系的原点（X，Y，Z） 或 直接回车不改变当前（X，Y，Z）（新坐标系的Z轴与原坐标系的Z轴平行）*

若输入“O”回车，将使Z轴与离选定对象最近的端点的切线方向对齐。Z轴正半轴指向背离对象的方向。

接下来提示：

选择对象: *选择一端开口的对象*

10．三点（3）

主提示上没有此选项，但UCS工具栏上有此按钮。事实上“三点（3）”确实是主提示的一个选项。对主提示输入“3”回车，将通过指定新坐标系原点，新X轴正向上的一点，新UCS的XY平面上的一点（该点在新坐标系中Y坐标值为正）来确定一个新的坐标系。新Z轴按空间直角坐标系的右手定则与新XY平面正交。此选项的提示为：

指定新原点〈0，0，0〉: *输入或鼠标指定新坐标系的原点（X，Y，Z） 或 直接回车以（0，0，0）为原点*

在正X轴范围上指定点〈当前X坐标，当前Y坐标，当前Z坐标〉: *输入或鼠标指定新X轴正方向上的一点 或 直接回车不改变当前（X，Y，Z）*

在UCS XY平面的正Y轴范围上指定点 <当前X坐标，当前Y坐标，当前Z坐标>: *输入或鼠标指定新XY平面上一点 或 直接回车不改变当前（X，Y，Z）*

11．应用（A）

主提示上没有此选项，但UCS工具栏上有此按钮。事实上“应用（A）”确实是主提示的一个选项。对主提示输入“A”回车，将使当前的UCS应用于指定的视口或全部视口，选择此项后的提示为：

拾取要应用当前UCS的视口或[所有(A)]〈当前〉: *单击视口内部后回车 或 输入“A”回车 或 直接回车*

单击一个视口内部后回车，将在一个视口应用当前UCS。输入“A”回车，将在所有视口应用当前UCS。

12．移动（M）

主提示上没有此选项，但事实上“移动（M）”确实是主提示的一个选项。对主提示输入“M”回车，将通过平移原点或修改当前UCS的Z轴深度（平移当前的UCS）来重新定义UCS，但保留其XY平面的方位不变。修改Z轴深度将使UCS沿自身Z轴的正方向或负方向移动。接下来的提示为：

指定新原点或[Z 向深度(Z)]<0，0，0>: *输入或鼠标指定一点 或 输入“Z”后回车 或 直接回车仍以（0，0，0）为原点*

输入或鼠标指定一点后将指定新的原点。输入“Z”将使UCS沿Z轴移动，还有提示：

指定Z向深度〈0〉: *输入一个值 或 回车不改变UCS*

输入的值为正，UCS沿Z轴的正向移动；值为负，UCS沿Z轴的负向移动。

13．正交（G）

主提示上没有此选项，但事实上“正交（G）”确实是主提示的一个选项。对主提示输入“G”回车，将指定 AutoCAD 的 6 个正交 UCS 中的一个。接下来提示：

输入选项[俯视(T)/仰视(B)/主视(F)/后视(BA)/左视(L)/右视(R)]<俯视>：*输入一个关键字回车 或 直接回车不改变 UCS*

选择一个选项后，AutoCAD 将根据所选选项，以“俯视/仰视/主视/后视/左视/右视”诸方式之一建立新的 UCS。

该选项的功能也可由 UCS II 工具栏右侧的“UCS 控制”下拉列表实现，如图 2-5 所示。

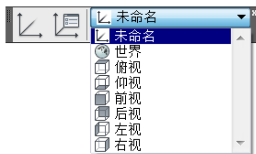


图 2-5 UCS II 工具栏的“UCS 控制”下拉列表

2.2 管理已定义的 UCS

ucsman 命令用于管理 UCS，列出、重命名和恢复先前定义的用户坐标系，并控制视口的 UCS 和 UCS 图标设置。命令的输入方式有：

- 命令：ucsman ↙
- 工具栏：UCS II →命名 UCS
- 下拉菜单：工具(T)→命名 UCS
- 功能区：三维建模工作空间“常用”（或“视图”）标签→“坐标”面板→UCS，命名 UCS…；三维建模工作空间“常用”（或“视图”）标签→“坐标”面板（右下角）→（UCS，UCS 设置）

输入命令后，弹出如图 2-6 所示的“UCS”对话框。对话框中有“命名 UCS”、“正交 UCS”和“设置”三个标签，他们的功能如下：

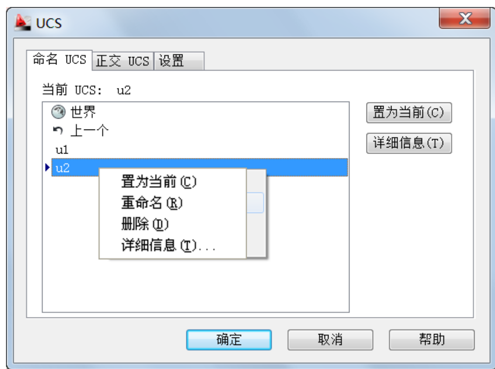


图 2-6 “UCS”对话框（命名 UCS 标签）

1．“命名 UCS”标签

（1）当前 UCS

显示当前 UCS 的名称。如果该 UCS 未被保存和命名，则显示为“未命名”。

（2）UCS 名称列表

UCS 名称列表列出了当前使用的 UCS 名称以及所有的 UCS，并可设置当前 UCS。

列表中始终包含“世界”（即世界坐标系），它既不能被重命名，也不能被删除。

列表中的“上一个”表示当前使用的 UCS 的上一个 UCS。重复选择“上一个”和单击“置为当前”按钮，可逐步返回前面已定义的坐标系。

表中左边带有小三角符号“▶”的 UCS 为当前 UCS，如果当前 UCS 未被保存和命名，则显示为“未命名”。

（3）“置为当前”按钮

欲使某一个 UCS 成为当前 UCS，应先选中该 UCS，再单击“置为当前”按钮；然后单击“确定”按钮。

也可直接双击该 UCS 从而将其设置为当前 UCS。

也可选中一个 UCS 后单击右键，从弹出的菜单中选择“置为当前”。

（4）“详细信息”按钮

选中一个 UCS，单击“详细信息”按钮，打开“UCS 详细信息”对话框，如图 2-7 所示。其中“相对于”下拉列表中显示的是基准坐标系。对话框中的“原点、X 轴、Y 轴、Z 轴”的坐标是选中的 UCS 相对于基准坐标系的信息。如果从“相对于”下拉列表中选择另外的基准坐标系，UCS 的信息也将改变。

（5）右键菜单

在选定坐标系的名称上单击鼠标右键，打开右键菜单，如图 2-6 所示。除了有“置为当前”、详细信息”（与按钮的解释一样）外，还有“重命名”（为选中的 UCS 重命名）、“删除”（删除选中的 UCS）等选项。

重命名可将用户自己定义的 UCS 改名（“世界”和“上一个”除外）。除了用该菜单项，也可以在列表中双击 UCS 名称来重命名 UCS。

可删除自定义 UCS，不能删除世界 UCS。

2.“正交 UCS”标签

该标签如图 2-8 所示，可将 UCS 改为正交 UCS 之一。

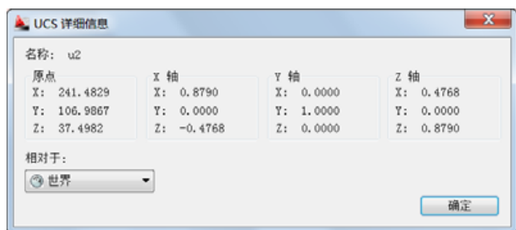


图 2-7 “UCS 详细信息”对话框

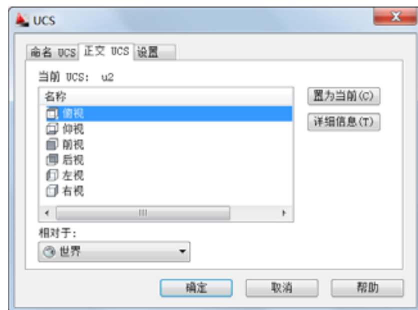


图 2-8 “UCS”对话框（正交 UCS 标签）

（1）“名称”列表

列出了当前 6 个正交 UCS——“俯视”、“仰视”、“主视”、“后视”、“左视”、“右视”。

欲使某一个正交 UCS 成为当前 UCS，应先选中该正交 UCS，再单击“置为当前”按钮，然后单击“确定”按钮即可。

（2）右键菜单

在选定的正交 UCS 上单击鼠标右键，打开右键菜单，菜单中除了有“置为当前”、“详细信息”外，还有“重置”、“深度”等选项。

使用 UCS 命令的“移动（M）”选项可将原点从其默认位置（0，0，0）移开，“重置”

用于把选定正交坐标系的原点恢复到相对于基准坐标系的默认位置（0，0，0）。

“深度”是指正交 UCS 的 XY 平面与经过坐标系原点的平行平面间的距离。选择该项后弹出“正交 UCS 深度”对话框，可以在它的文本框输入数值；也可以单击“选择新原点”按钮，用鼠标在屏幕上指定新的深度或新的原点。

对话框中“置为当前”、“详细信息”按钮用法同“命名 UCS”标签。“相对于”下拉列表框中显示的是基准坐标系。

3．“设置”标签

“设置”标签如图 2-9 所示，用来显示和修改与视口一起保存的 UCS 图标设置和 UCS 设置。该选项卡分为两部分：

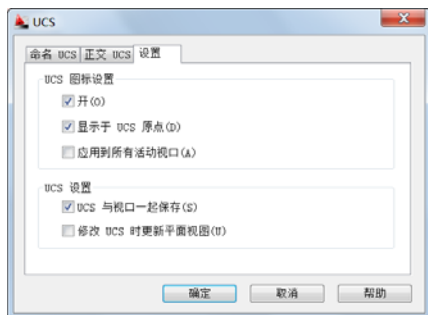


图 2-9 “UCS”对话框（“设置”标签）

（1）“UCS 图标设置”栏

“开”复选框：选中该复选框将在当前视口中显示 UCS 的图标；否则，不显示 UCS 的图标。

“显示于 UCS 原点”复选框：选中该复选框将使 UCS 的图标在 UCS 的原点处显示；否则 UCS 的图标显示在视口的左下角（如果坐标系原点在视口中不可见，也将在视口的左下角显示 UCS 图标）。

“应用到所有活动视口”复选框：选中该复选框将使当前的 UCS 图标设置应用于所有的活动视口。

（2）“UCS 设置”栏

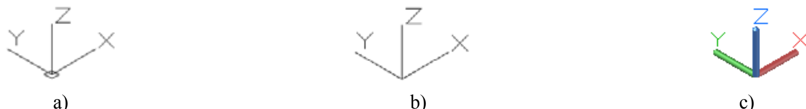
“UCS 与视口一起保存”复选框：选中该复选框将使当前的 UCS 设置与视口一起存储（系统变量“UCSVP”为 1）；否则视口将反映当前视口的 UCS。

“修改 UCS 时更新平面视图”复选框：选中该复选框后，当 UCS 改变时，将使当前视图按照新的 UCS 恢复平面显示，即屏幕显示新 UCS 的 XY 平面。否则不会显示新 UCS 的 XY 平面。

2.3 UCS 图标的显示

2.3.1 UCS 图标的显示方式

在三维图的模型空间中，如果是在二维线框视觉样式中，WCS 图标显示如图 2-10a 所示；UCS 图标显示如图 2-10b 所示。如果是在三维线框视觉样式中，UCS 和 WCS 的图标都是彩色坐标轴，如图 2-10c 所示。随着观察方向的不同，各坐标轴的长度及他们之间的角度会改变。在二维线框视觉样式中，随着观察方向的不同，WCS 原点处的标记也会变化。



a)　　b)　　c)

图 2-10　UCS 图标

a) 二维线框视觉样式中的 WCS 图标　b) 二维线框视觉样式中的 UCS 图标　c) 三维线框视觉样式中的 UCS 图标

UCS 图标显示坐标系轴的方向和当前 UCS 原点的位置。如果无法在视口（关于视口参看第 14 章）中看到 UCS 原点的位置，则 UCS 图标将显示在视口的左下角。

如果存在多个视口，则每个视口都显示自己的 UCS 图标。

如果视口的系统变量“UCSVP”为 1，则 UCS 可与视口一起保存。

2.3.2 UCS 图标控制命令

命令“ucsicon”控制 UCS 图标的可见性、位置以及样式等。命令的输入方式有：

- 命令：ucsicon ↙
- 下拉菜单：视图(V)→显示(L)→UCS 图标(U)→各子菜单项
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”（或“视图”）标签→“坐标”面板→ UCS 图标，特性…

如果从命令行输入命令，命令出现如下提示：

输入选项 [开(ON)/关(OFF)/全部(A)/非原点(N)/原点(OR)/特性(P)] <开>: *输入一个选项关键字回车 或直接回车应用默认选项*

如果从下拉菜单选择菜单项，或从功能区选择图标按钮，则将选择 ucsicon 命令提示的一个选项。各选项的含义为：

1．开(ON)

显示坐标系图标。

2．关(OFF)

关闭坐标系图标显示。

3．全部(A)

将对图标的修改应用到所有活动视口。否则，“ucsicon”命令只影响当前视口。

4．非原点(N)

不管 UCS 原点在何处，都是在视口的左下角显示图标。

5．原点(R)

将坐标系图标显示在当前 UCS 原点（0，0，0）处。如果 UCS 原点位于屏幕外或者在当前 UCS 原点处坐标系图标显示不全，坐标系图标仍显示在屏幕左下角。

在三维建模工作空间“常用”（或“视图”）标签→“坐标”面板上，单击按钮 ，打开下拉按钮菜单，如果选择 在原点处显示 UCS 图标，相当于选择选项“原点(R)”；如果选择 显示 UCS 图标，相当于选择选项“开(ON)”；如果选择 隐藏 UCS 图标，相当于选择选项“关(OFF)”。

6．特性(P)

显示如图 2-11 所示的“UCS 图标”对话框，在此可以控制 UCS 图标的样式、大小和颜色。



图 2-11 “UCS 图标”对话框

“UCS 图标”对话框的意义如下：

（1）“UCS 图标样式”栏

指定二维或三维 UCS 图标的显示及其外观。

二维：显示二维图标，不显示 Z 轴。

三维：显示三维图标。

线宽：控制选中三维 UCS 图标时 UCS 图标的线宽。可选 1、2 或 3 个像素。

（2）“预览”栏

显示 UCS 图标在模型空间中的预览效果。

（3）“UCS 图标大小”栏

按视口大小的百分比控制 UCS 图标的大小。默认值为 50，有效值范围为 5～95。注意，UCS 图标的大小与显示它的视口大小成比例。

（4）“UCS 图标颜色”栏

控制 UCS 图标在模型空间视口和布局标签中显示的颜色。

模型空间图标颜色：控制 UCS 图标在模型空间视口显示的颜色。单击下拉列表选择颜色；如果选择“选择颜色”选项，则将打开“选择颜色”对话框，从 255 种 AutoCAD 颜色索引（ACI）颜色中选择。

布局选项卡图标颜色：控制 UCS 图标在布局选项卡中显示的颜色。单击下拉列表选择颜色；如果选择“选择颜色”，则打开“选择颜色”对话框，从 255 种 AutoCAD 颜色索引（ACI）颜色中选择。

2.4 在实体模型中使用动态 UCS

动态 UCS 的功能是在创建对象时使 UCS 的 XY 平面自动与实体模型上的平面临时对齐。启用动态 UCS 的方法有：

- 命令：ucsdetect ↙
- 单击状态栏上的“允许/禁止动态 UCS”按钮，将其打开或关闭
- 按〈F6〉键打开（或关闭）动态 UCS

1．可以使用动态 UCS 的命令

启用动态 UCS 后，仅在实体模型的平面上使用“可以使用动态 UCS 的命令”时，动态 UCS 才起作用。可以使用动态 UCS 的命令类型包括以下几种。

简单几何图形：直线、多段线、矩形、正多边形、圆弧、圆、样条曲线、椭圆等。

文字：文字、多行文字、表格。

参照：插入、外部参照。

实体：实体原型和多段体。

编辑：旋转、镜像、对齐。

其他：UCS、区域、夹点工具操作。

2．动态 UCS 的使用

仅当命令处于活动状态时，动态 UCS 才可用。

输入一个可以使用动态 UCS 的命令，然后将光标移动到实体模型某个平面的边界之中，稍停一下，面和边界亮显（边界显示虚线），此时，UCS 的 XY 平面已与实体模型的平

面临时对齐，UCS 的 X 轴与实体模型的平面的一条边平行（光标从哪个边进入平面，X 轴与哪个边平行），接下来就可以在实体模型的平面上进行后面的操作了。

在执行可以使用动态 UCS 的命令时，输入第一个点后，该点即为临时 UCS 的原点。如果在“草图设置”对话框的“捕捉和栅格”选项卡中选中“遵循动态 UCS(U)”选项，UCS 的图标显示在此，而这个过程并未使用 UCS 命令。结束命令后，UCS 的图标将恢复到其上一个位置和方向。



如果打开了栅格模式和捕捉模式，他们将与动态 UCS 临时对齐。栅格显示的界限将自动设置。

在使用动态 UCS 时，可以使用对象捕捉和对象追踪。结合对象追踪，很容易使实体模型的平面上的一条边成为临时 UCS 的 X 轴，且其原点距边的端点距离很容易确定。

【例 1】 如图 2-12a 所示，在楔形体的斜面上创建一个长方体，其左底角距斜面的左上角 20，右底角与斜面的右边界的中点重合，高为 30。

打开动态 UCS，输入长方体命令，移动光标到楔形体的斜面上，斜面的边被选中，如图 2-12b 所示；将光标在楔形体的左上角停一下，沿斜面的上面边界向右移动一段，如图 2-12c 所示；从键盘输入“20”，如图 2-12d 所示；应用对象捕捉“中点”，移动光标捕捉斜面的右边界中点，如图 2-12e 所示；向上移动光标，如图 2-12f 所示；从键盘输入“30”回车，长方体绘制完成，如图 2-12g 所示。

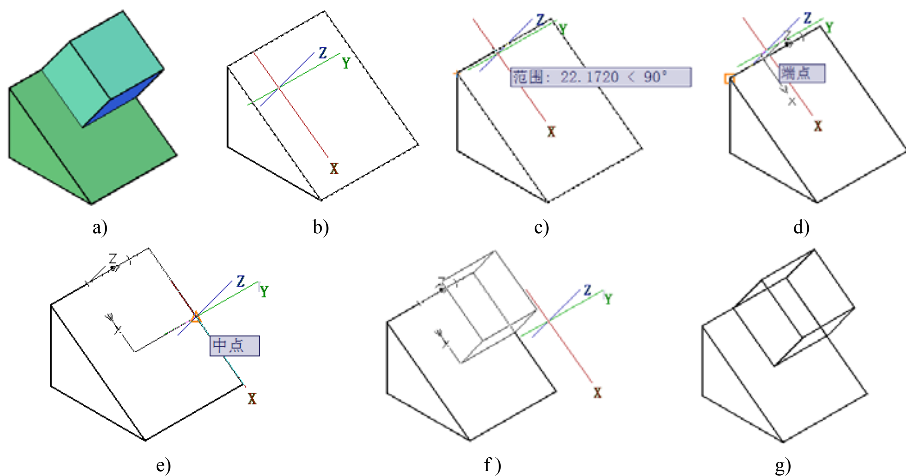


图 2-12 使用动态 UCS 在楔形体的斜面上创建长方体

a) 完成后的效果 b) 选中斜面的边 c) 沿斜面的上边界移动 d) 输入“20” e) 捕捉中点 f) 向上移动光标 g) 绘制完成

【例 2】 利用动态 UCS，在楔形体的斜面上创建与边相切的圆锥或圆台，如图 2-13 所示（使用 cone 命令的“切点、切点、半径(T)”选项，关闭三维对象捕捉）。

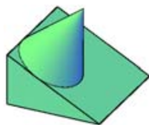


图 2-13 使用动态 UCS 在楔形体的斜面上创建圆锥

如果要在实体模型的某个平面上建立用户 UCS，先打开动态 UCS，使用 UCS 命令的“指定 UCS 的原点”选项，将光标移动到实体模型的平面的边界之中，稍停一下，待平面的边界被选中（边界显示虚线并亮显）后，单击鼠标左键，UCS

的 XY 平面即与该平面对齐。

要在光标上显示 X、Y、Z 标签，应在“允许/禁止动态 UCS”按钮上单击鼠标右键，从打开的右键菜单中单击“显示十字光标标签”。

动态 UCS 命令是透明命令，即在执行其他命令时随时可将其打开或关闭。

动态 UCS 的 X 轴沿面的一条边定位，且 X 轴的正向始终指向屏幕的右半部分。

动态 UCS 仅能检测到实体的前向面。

2.5 三维坐标

在三维空间中创建对象时，可以使用笛卡尔直角坐标、柱坐标或球坐标定位点。特别要注意的是，任何一种坐标都和当前坐标轴的方向有关。

2.5.1 三维笛卡尔坐标

三维笛卡尔坐标即三维直角坐标，通过三个坐标值 X、Y 和 Z 确定空间点的位置，如图 2-14 所示。

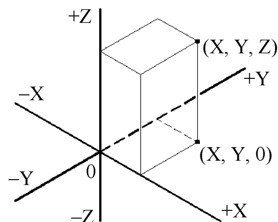


图 2-14 三维直角坐标

在输入点的三维笛卡尔坐标值（X，Y，Z），除了指定 X 和 Y 值以外，还要指定 Z 值。

【例 1】 从点（20，30，50）到（100，120，150）画直线。

过程如下：

命令：*line* ↙

指定第一点：*20,30,50* ↙

指定下一点或[放弃(U)]：*100,120,150* ↙

指定下一点或 [放弃(U)]：↙

 注意

1）在动态输入处于关闭状态时，即坐标在命令行上输入时，输入的 x、y 和 z 是相对于当前坐标系（世界坐标系或用户坐标系）的绝对坐标。若要输入基于上一输入点的而不是 UCS 原点的相对坐标值，需使用@符号作为前缀。例如，执行某一命令已输入一个点 A，在要求输入下一个点 B 时输入“@100，0，0”，这表示 B 在 X 轴正方向上距离 A 点 100 个单位，而并非空间点（100，0，0）。

2）如果启用动态输入，输入的 X、Y 和 Z 是相对于当前点的相对坐标；如果此时想要输入绝对坐标，可先输入#，再依次输入 X、Y 和 Z。

在动态输入处于打开时，若要输入三维空间点，可采用默认 Z 值输入方法：当第一个点以三个坐标 X、Y、Z 格式输入后，下一个点只输入 X，Y 坐标，此时，第二点将从第一点复制 Z 值（或者说第二点默认其 Z 值与第一点相同），使两点的 Z 值不变。

【例 2】 画点（50，50，100）到点（100，120，100）的直线。

操作如下：

命令：*line* ↙

指定第一点：*50,50,100* ↙

指定下一点或：*100,120* ↙

指定下一点或： ↙

2.5.2 三维柱坐标

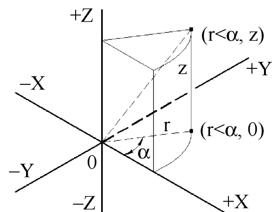


图 2-15 柱面坐标

三维柱坐标是由空间点与坐标原点的连线在 XOY 平面上的投影长度 r，投影与 X 轴的角度 α 以及空间点到 XOY 平面的距离 Z 来确定空间点位置，如图 2-15 所示。

柱坐标相当于 XOY 平面上的二维极坐标，再加上垂直于 XOY 平面的 Z 轴上的另一个坐标。绝对柱坐标点的表示方法是：

（r<α，z）



注意 柱坐标一般在动态输入处于关闭状态时使用（在动态输入打开时可能角度α出错），即坐标在命令行上输入。如果启用动态输入，使用 # 前缀来指定绝对柱坐标，即先输入“#”，再输入“r<α，z”。

【例 3】 画一个圆柱，其半径为 30，其底圆圆心在（100，100，0），顶圆圆心在（200<45，100）。

过程如下：

命令：*cylinder* ↙

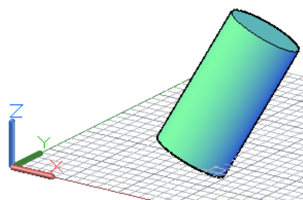
指定底面中心点或[三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)/椭圆(E)]: *100，100，0*↙

指定底面半径或[直径(D)]<当前值>: *30* ↙

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)]<当前值>: *a* ↙

指定轴端点: *200<45，100* ↙

调整合适的观察方向后，绘制结果如图 2-16 所示。


图 2-16 例 3 圆柱

如果需要基于上一点而不是 UCS 原点来输入坐标，可以输入带有@前缀的相对柱坐标值，即先输入“@”，再输入“r<α，Z”。

【例 4】 画一个圆柱，其半径为 30，其底圆圆心在 XOY 平面上，顶圆圆心相对底圆圆心的柱坐标是（100<0，100）。

过程如下：

命令：*cylinder* ↙

指定底面中心点或[三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)/椭圆(E)]:

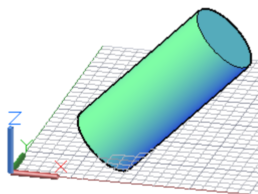
输入 XOY 平面上一点(可输入坐标，也可用光标在 XOY 平面上拾取)

指定底面半径或[直径(D)]<当前值>: *30* ↙

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)]<当前值>: *a* ↙

指定轴端点： *@100<0，100* ↙

调整合适的观察方向后，绘制结果如图 2-17。


图 2-17 例 4 圆柱

2.5.3 三维球坐标

三维球坐标由空间点与当前 UCS 原点的连线长度 L、连线在 XOY 平面上的投影与 X 轴

所成的角度α，以及连线与 XOY 平面所成的角度φ 来确定空间点位置，如图 2-18 所示。

绝对球坐标点的表示方法是：

（L<α<φ）

如果动态输入处于关闭状态，即在命令行上输入 L<α<φ，此时 L、α、φ 都是相对于 UCS 的原点，即是绝对球坐标值。如需要基于上一点而不是 UCS 原点来输入相对球坐标点，可以输入前面带有@符号的相对球坐标值，即先输入“@”，再输入“L<α<φ”。

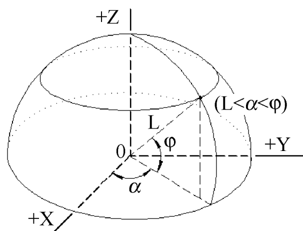


图 2-18　三维球坐标

【例 5】 画一个圆柱，其半径为 30，下底圆圆心的球坐标为（150<45<0），上底圆圆心的球坐标为（100<30<60）。

过程如下：

命令: *cylinder* ↙

指定底面中心点或[三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)/椭圆(E)]: *150<45<0*↙

指定底面半径或[直径(D)]<当前值>: *30* ↙

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)]<当前值>: *a* ↙

指定轴端点: *100<30<60* ↙

调整合适的观察方向后，绘制结果如图 2-19 所示。

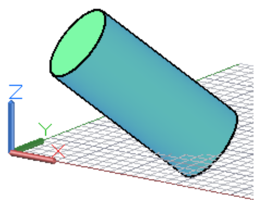


图 2-19　例 5 圆柱

如果启用动态输入，其下一点的球坐标都是前一点的相对球坐标，如果此时想输入绝对球坐标，可以使用“#”前缀，即先输入“#”，再输入“L<α<φ”。

【例 6】 画一个圆柱，其半径为 30，其底圆圆心在（50，50，0），顶圆圆心的球坐标是（100<45<60）。

如果动态输入关闭，过程如下：

命令: *cylinder* ↙

指定底面中心点或[三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)/椭圆(E)]: *50，50，0*↙

指定底面半径或[直径(D)]<当前值>: *30* ↙

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)]<当前值>: *a* ↙

指定轴端点: *100<45<60* ↙

如果动态输入打开，过程如下：

命令: *cylinder* ↙

指定底面的中心点或: *50,50,0* ↙

指定底面半径或: *30* ↙

指定高度或: *89.0446，两点(2P)，轴端点(A)* ↙

指定轴端点: *#,100<45<60* ↙

调整合适的观察方向后，绘制结果如图 2-20 所示。

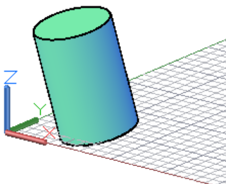


图 2-20　例 6 圆柱

2.6　坐标过滤

当要输入的点与图形上已有对象上的点有一定的关系，比如，在二维图形中，要输入的

点与已有对象上的点 X 相同或 Y 相同；在三维图形中，可能要输入的点与已有对象上的点有一个坐标相同：X 相同或 Y 相同或 Z 相同；也可能要输入的点与已有对象上的点有两个坐标相同：X、Y 相同，X、Z 相同，Y、Z 相同。可以使用坐标过滤器从已有对象上的点一次提取一个或两个坐标值。



使用坐标过滤器应关闭“动态 UCS”，并常与对象捕捉一起使用。还要特别注意坐标系的各轴的方向。

使用坐标过滤器的方法是：在命令提示要求输入点时，先输入一个句点，再输入一个或两个形如 X、Y 和 Z 的字母，即输入形式为“.X”、“.Y”、“.Z”、“.XY”、“.XZ”或“.YZ”。

图 2-21 例 1 图形

【例 1】 如图 2-21 所示，在矩形的中心画一个圆。

操作过程如下：

方法一：

命令: circle ↙

指定圆的圆心或[三点(3P)/两点(2P)/相切、相切、半径(T)]: *.X* ↙ *（这是输入 .X 回车）*

应用对象捕捉“捕捉到中点” *（应用对象捕捉获取点的坐标准确）*

_mid *移动光标到 AB 上单击鼠标左键* *（这一步提取了 AB 中点的 X 坐标）*

(需要 YZ): *应用对象捕捉“捕捉到中点”* *（“需要 YZ ）”是指还要确定 Y、Z 坐标）*

_mid *移动光标到 AC 上单击鼠标左键* *（这一步提取了 AC 中点的 Y、Z 坐标）*

指定圆的半径或[直径(D)]<当前值>: *确定半径值或输入“D”确定直径值*

方法二：

命令: *circle* ↙

指定圆的圆心或[三点(3P)/两点(2P)/相切、相切、半径(T)]: *.X* ↙

应用对象捕捉“捕捉到中点”

_mid *移动光标到 AB 上单击鼠标左键*

(需要 YZ): *.Y* ↙ *（仅提取 AC 中点的 Y 坐标）*

应用对象捕捉“捕捉到中点”

_mid *移动光标到 AC 上单击鼠标左键*

(需要 Z): *0* ↙ *（确定 AC 中点的 Z 坐标）*

指定圆的半径或[直径(D)]<当前值>: *确定半径值或输入“D”确定直径值*

显然第二种方法繁琐一些。提取点坐标也可以先提取 Y 或 Z，即先输入“.Y”或“.Z”。

【例 2】 如图 2-22 所示，画一个圆柱，底面圆心的 X 坐标是楔形体 AB 棱的中点 M 的 X 坐标，Y 坐标和 Z 坐标是 AC 棱的中点 N 的 Y 坐标和 Z 坐标。

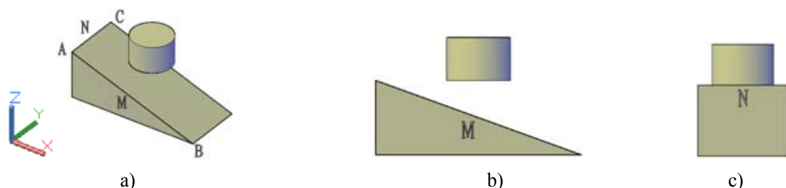


图 2-22 例 2 实体

a) 三维图 b) 主视图 c) 左视图

操作过程如下：（注意坐标系的各轴的方向）

命令: *cylinder* ↙

指定底面的中心点或 [三点(3P)/两点(2P)/相切、相切、半径(T)/椭圆(E)]: *.X* ↙

应用对象捕捉“捕捉到中点”

_mid *移动光标到AB上单击鼠标左键* *（提取AB中点的X坐标）*

(需要 YZ): *应用对象捕捉“捕捉到中点”*

_mid *移动光标到AC上单击鼠标左键* *（提取AC中点的Y、Z坐标）*

指定底面半径或[直径(D)]<当前值>: *输入底面半径值*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)]<当前值>: *输入圆柱的高度*

【例 3】 如图 2-23 所示，复制例 2 的圆柱，使其下底圆的圆心的 Y 坐标与 L 形体的 A（或 B）点 Y 坐标相同，X 坐标和 Z 坐标与 L 形体的 CD 棱的中点 M 的 X 坐标、Z 坐标相同。

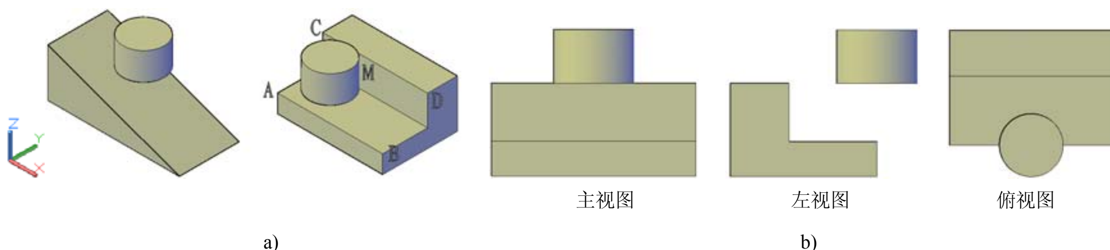


图 2-23 例 3 实体

a) 三维图 b) 复制后（不包括楔形体）的三视图

操作过程如下：（注意坐标系的各轴的方向）

命令: *copy* ↙

选择对象: *用任何选择对象的方式选择圆柱*

选择对象: ↙

当前设置: *复制模式 = 多个*

指定基点或[位移(D)/模式(O)]<位移>: *用“捕捉到圆心”的对象捕捉方式指定圆柱的下底圆圆心作为基点*

指定第二个点或 <使用第一个点作为位移>: *.xz* ↙

应用对象捕捉“捕捉到中点”

_mid *移动光标到CD上单击鼠标左键* *（提取CD的中点M的坐标x、z）*

(需要 Y): *移动光标到A（或B）点单击鼠标左键*

指定第二个点或[退出(E)/放弃(U)] <退出>: ↙

2.7 平面视图命令

即使是绘制三维图，为准确定位各个形体间的相对位置，有时也会在用户坐标系（UCS）的 XY 平面内作图，这就需要使屏幕显示 UCS 的 XY 平面。“plan”命令就是从正 Z 轴上的一点指向原点（0，0，0）而获得平面视图，即使屏幕显示 UCS 的 XY 平面。“plan”

命令可以获得当前 UCS、以前保存的 UCS 或 WCS 的平面视图。

“plan”命令只在当前视口中的视图中起作用，它只改变视图显示的方向，并不改变当前的 UCS。命令输入方式有：



- 命令行：plan ↙
- 下拉菜单：视图(V)→三维视图(D)→平面视图(P)→当前 UCS（世界 UCS 或 命名 UCS）

命令输入后，出现主提示：

输入选项[当前 UCS(C)/UCS(U)/世界(W)]<当前 UCS> *输入一个选项关键字回车 或 直接回车*

各选项说明如下：

1．当前 UCS

在当前视口中生成相对于当前 UCS 的平面视图，且使图形布满当前视口。此选项为默认选项。

例如，在楔形体的左上角建立用户坐标系，X 轴和 Y 轴分别是楔形体的斜面的两个边，如图 2-24a 所示；再使用“plan”命令的“当前 UCS(C)”选项，则楔形体的斜面成为当前 UCS 的 XY 平面，如图 2-24b 所示。

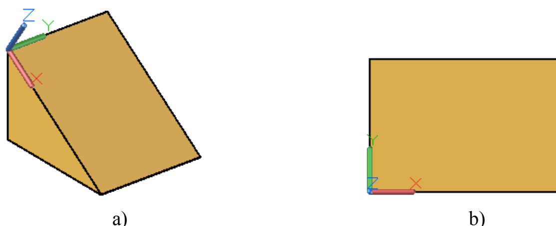


图 2-24 应用“plan”命令举例

a) 应用“plan”命令之前 b) 应用“plan”命令之后

2．UCS(U)

对主提示输入“U”回车，使屏幕显示以前保存的 UCS 的平面视图并重新生成图形。选择此选项后，AutoCAD 提示：

输入 UCS 名称或[?]: *输入一个 UCS 名 或 “？”回车*

若输入一个 UCS 名回车，将立即显示该 UCS 的平面视图。若输入“？”回车，将出现提示“输入要列出的 UCS 名称<*>:”，输入一个 UCS 名或直接回车，将列出一个或全部 UCS 的信息。

3．世界(W)

对主提示输入“W”回车，将重新生成相对于世界坐标系 WCS 的平面视图。

2.8 标高和厚度命令

“elev”命令用来设置新对象的标高和拉伸厚度。标高是当前绘图基面与 XY 平面之间的间距值。当前 UCS 的 XY 平面的标高为“0”，沿 Z 轴正方向的标高为正，沿 Z 轴负方向的标高为负。拉伸厚度是指绘图基面上的二维对象直线“line”、圆“circle”、圆弧“arc”、多

段线“pline”、多边形“polygon”、修订云线“revcloud”的高度，即二维对象被向上或向下拉伸后与标高的距离。正值表示沿 Z 轴正方向拉伸，负值表示沿 Z 轴负方向拉伸。

命令的输入方式为：

● 命令行：elev ↙

命令输入后提示：

指定新的默认标高<0.0000>：*输入标高值*

指定新的默认厚度<0.0000>：*输入厚度值*

图 2-25 的下面三个图形分别是在标高为 0，厚度为 0 时绘制的直线、圆弧、圆和五边形。上面三个图形分别是在标高为 50，厚度为 30 时绘制的直线、五边形和圆。

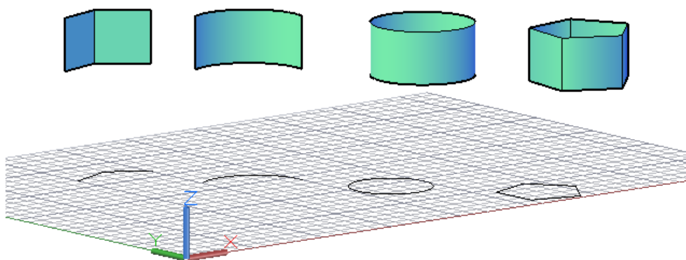


图 2-25　标高和厚度举例

（如果设置了新的标高和厚度，绘图后，用“受约束的动态观察命令”即“3dorbit”，上下移动光标可看到效果）

“elev”命令后只控制新对象，而不影响现有对象。每次将坐标系更改为世界坐标系（WCS）时，标高都将重置为 0。

设置了厚度后，绘制的二维对象（通过直线命令“line”、圆命令“circle”、圆弧命令“arc”、多段线命令“pline”、多边形命令“polygon”、修订云线命令“revcloud”创建）称为二维半形体。所谓二维半形体就是指沿着形体的标高方向（即当前 UCS 的 Z 轴方向）各截面形状和大小完全相同的形体。二维半形体与三维形体的区别在于三维形体沿着标高方向的各截面的形状和大小可以变化，而二维半形体则完全相同。

在实际使用中，分别为图形中的每个对象设置不同的高度和厚度显得十分繁琐。用户可先以统一的高度和厚度绘制所有的对象，然后用“特性”选项板（“properties”命令）来修改对象的厚度值和 Z 轴坐标（即标高）值。

2.9　三维对象的空间定位

在实际的绘图中，三维对象的空间定位应是首先考虑的问题。灵活地使用 AutoCAD 的定位功能，可提高绘图的质量和效率。

本节介绍几种思路，以绘制空间的直线或曲线为例，其余三维对象的空间定位可参照理解。

1．直接输入点的坐标

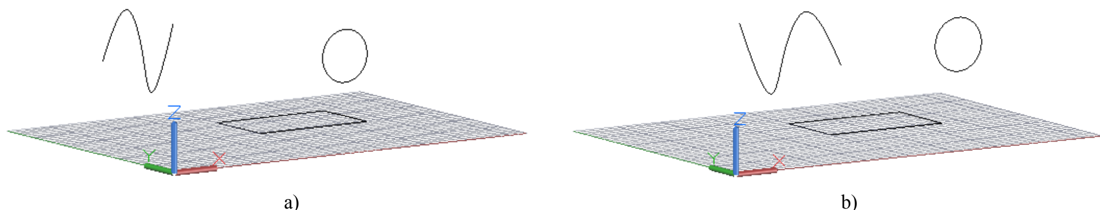
在绘制空间的三维对象时，对于要求输入点的提示，从键盘直接输入点的三维坐标。根

据需要，可以选择笛卡尔坐标，也可以选择柱坐标或球坐标。这是基本的方法，也是最准确的方法。当然未必是最简单、最直观的方法。

2．转换正交视图

AutoCAD 默认的 XY 平面是俯视图，将主视图、左视图等正交视图置为当前视图，然后在这些正交视图上绘制三维对象，即可得到空间的三维对象。实际绘图时，用户可随时转换各正交视图。在正交视图时，二维的移动、旋转、镜像等命令都可以使用。

图 2-26a 是在俯视图时画矩形，主视图时画圆，左视图时画样条曲线，然后以三维视图显示的情况。图 2-26b 是在俯视图时移动圆，旋转样条曲线，然后以三维视图显示的情况。



a)　　b)

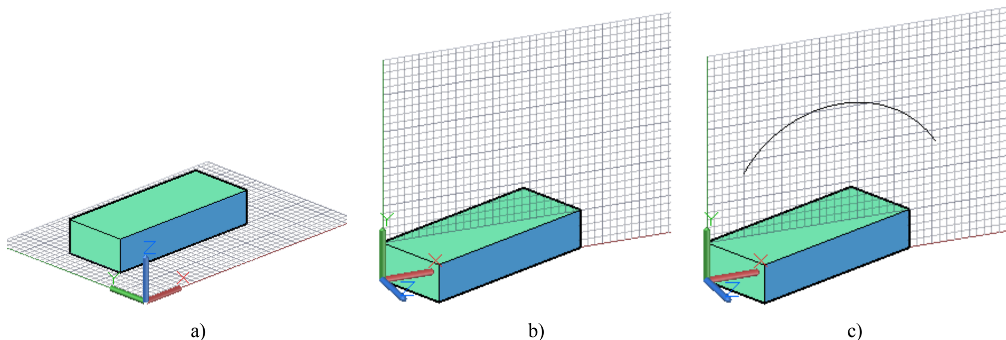
图 2-26　应用正交视图

a) 在正交视图时绘图，再以三维视图显示　b) 在正交视图时修改图形，再以三维视图显示

3．建立合适的用户坐标系

在绘制空间的三维对象时，根据图形的需要，建立合适的用户坐标系 UCS。

如图 2-27a 所示，如果要在与长方体垂直，且经过其对角的平面内绘制圆弧，可先建立用户坐标系，如图 2-27b 所示，再在用户坐标系的 XY 平面内绘制圆弧，如图 2-27c 所示。这种方法将空间曲线的绘制，转换成了平面曲线的绘制。此例为了形象，打开了栅格。



a)　　b)　　c)

图 2-27　建立用户坐标系 UCS

a) 未创建用户坐标系　b) 创建用户坐标系　c) 绘制曲线

4．参照已有立体或创建临时参照立体

在绘制空间的三维对象时，可参照已有立体，结合对象捕捉，利用立体上的特殊空间点。如果必要，还可创建临时参照立体，待空间曲线绘制完成再将其删除。

如图 2-28 所示绘制空间样条曲线，可参照（或建立）长方体，然后结合对象捕捉（捕捉到端点或中点）绘制样条曲线。

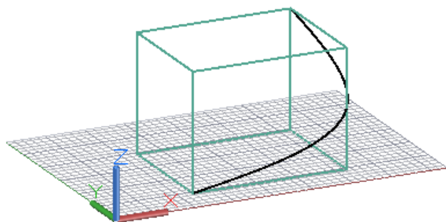


图 2-28　参照已有立体或创建临时参照立体

5．其他方法

除了上述几种方法外，在实际绘图时，还可考虑应用“elev”命令改变标高、临时应用动态 UCS、使用二维对象捕捉和三维对象捕捉等。还有后续章节介绍的三维移动、三维旋转、三维对齐等操作，以及三维对象的夹点编辑、子对象选择，小控件修改等。

第 3 章　三维实体和曲面



第 1 章的基本实体图元只是简单且规则的三维实体对象，事实上可以通过多种方法建立复杂的实体或曲面，如通过直线、曲线、面域，以及对象上的面、边等构造实体或曲面，通过布尔运算（并集命令“union”、差集命令“subtract”、交集命令“intersect”）来创建复合三维对象。

实体模型是具有质量、体积、重心和惯性矩等特性的三维对象。实体模型包含的信息最多，用户可以分析实体的质量特性，并输出数据以用于数控铣削或有限元法分析。利用 AutoCAD 工具和编辑功能，可以创建形状复杂的实体模型。本章即介绍各种创建复杂实体模型的方法。

曲面模型表示与三维对象的形状相对应的无限薄壳体。可以使用某些用于实体模型的相同工具来创建曲面模型，如可使用拉伸、扫掠、放样和旋转来创建曲面模型。本章只介绍即能创建实体，又能创建曲面的方法，关于曲面的更多介绍和创建方法，参看第 4 章。

3.1　面域

面域指使用二维曲线或直线对象创建的二维闭合区域，其边界可以是直线、多段线、圆、圆弧、椭圆、椭圆弧、样条曲线等。这些对象或者是自行封闭的，或者与其他对象有公共端点从而形成封闭的区域，但他们必须在同一平面上。自相交的曲线不能生成面域。

可以给面域填充图案和着色，同时还可分析面域的几何特性（如面积）和物理特性（如质心、惯性矩等）。

可以对若干面域进行布尔运算，如图 3-1 所示。可以用后面要讲述的拉伸命令、旋转命令等生成三维实体或曲面。

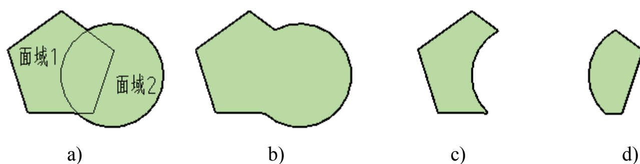


图 3-1　对面域进行布尔运算

a) 未进行布尔运算　b) 并集运算　c) 差集运算　d) 交集运算

生成面域的命令有“region”和“boundary”，命令“boundary”还可创建闭合多段线。

3.1.1　面域命令“region”

命令的输入方式有：

- 命令：region ↙

● 工具栏：绘图→面域
● 下拉菜单：绘图(D)→面域(N)
● 功能区："常用"选项卡→"绘图"面板→下拉工具栏 绘图 ▾ →面域。

命令输入后提示：

选择对象：*选择二维封闭图形*

……

选择对象：↙

如果能够创建面域，命令行会显示创建的面域个数。

3.1.2 边界命令

命令的输入方式有：

● 命令：boundary ↙
● 下拉菜单：绘图(D)→边界(B)
● 功能区："常用"选项卡→"绘图"面板→下拉工具栏 绘图 ▾ →边界。

命令输入后将打开"边界创建"对话框，如图 3-2 所示。



图 3-2 "边界创建"对话框

1．"拾取点(P)"按钮

根据构成封闭区域的现有对象来创建面域或闭合多段线。单击该按钮，对话框关闭，命令行提示：

拾取内部点：*在将要创建面域的图形内部单击鼠标左键*

正在选择所有对象...

正在选择所有可见对象...

正在分析所选数据...

正在分析内部孤岛...

拾取内部点：*在将要创建面域的图形内部单击鼠标左键*

正在分析内部孤岛...

……

拾取内部点：↙

拾取内部点完成后回车，如果能够创建面域，命令行显示创建的面域个数。

2．"孤岛检测(L)"复选框

控制命令"boundary"是否检测最外层边界以内的闭合边界作为边界对象。

3．"对象类型(O)"下拉列表

控制"boundary"命令是以封闭区域的边界为基础生成面域还是以闭合多段线为基础（原边界不变）。单击下拉列表，选择"面域"或"多段线"。

4．"边界集"栏

定义通过拾取内部点定义边界时，"boundary"命令要分析的对象集并且"当前视口"根据当前视口范围中的所有对象定义边界集，选择此选项将放弃当前所有边界集。

"新建"按钮：单击该按钮，命令行提示"选择对象："，让用户选择用来定义边界集的对象。

3.2 创建多段体

可以使用“polysolid”命令创建具有固定高度和宽度的直线段和曲线段的三维墙体，如图 3-3 所示。

具有曲线段的多段体的轮廓与路径保持垂直。在“特性”选项板中，多段体显示为扫掠实体。“DELOBJ”系统变量可控制创建多段体时是否自动删除路径（二维对象）。

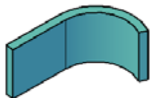


图 3-3 多段体

命令的输入方式有：

- 命令：polysolid ↙
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→多段体(P)
- 工具栏：建模→多段体
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“建模”面板→多段体；三维建模工作空间→“实体”选项卡→“图元”面板→多段体

命令输入后显示当前设置和主提示：

高度=（当前值），宽度=（当前值），对正=居中

指定起点或[对象(O)/高度(H)/宽度(W)/对正(J)] <对象>: *输入起点 或 直接回车或输入 “O” 回车选择对象 或 输入 “H”、“W”、“J” 之一回车*

可以使用创建多段线“pline”命令所使用的相同技巧来创建多段体对象。

1．指定起点

该选项为首选项，指定一个点或圆弧后接下来将提示：

指定下一个点或[圆弧(A)/放弃(U)]: *输入下一点 或 输入 “A”、“U” 之一回车*

指定下一个点或[圆弧(A)/放弃(U)]: *输入下一点 或 输入 “A”、“U” 之一回车*

指定下一个点或[圆弧(A)/闭合(C)/放弃(U)]: *输入下一点 或 输入 “A”、“C”、“U” 之一回车*

……

指定下一个点或[圆弧(A)/闭合(C)/放弃(U)]: ↙

（1）指定下一个点

可连续指定下一点，以默认的高度和宽度创建多段体。

（2）圆弧(A)

若对提示“指定下一个点或[圆弧(A)/放弃(U)]:”输入“A”回车，是将圆弧段体添加到多段体中。圆弧体的默认起始方向与上次绘制的线段相切。接下来提示：

指定圆弧的端点或[闭合(C)/方向(D)/直线(L)/第二个点(S)/放弃(U)]: *输入圆弧段体的端点 或 输入 “C”、“D”、“L”、“S”、“U” 之一回车*

指定下一个点或[圆弧(A)/闭合(C)/放弃(U)]: 指定圆弧的端点或 [闭合(C)/方向(D)/直线(L)/第二个点(S)/放弃(U)]: *输入圆弧段体的端点 或 输入 “C”、“D”、“L”、“S”、“U” 之一回车*

……

指定下一个点或[圆弧(A)/闭合(C)/放弃(U)]: 指定圆弧的端点或 [闭合(C)/方向(D)/直线(L)/第二个点(S)/放弃(U)]: ↙

1）如果指定圆弧的端点，将绘制与上次弧段相切的弧段；

2）如果输入“C”回车，将从当前点到多段体的起点，创建一段直线段体或圆弧段体来闭合整个多段体（必须至少指定两个点才能使用该选项）。

3）如果输入“D”回车，将指定下一段圆弧体的起始方向，而不一定再与前一段圆弧体相切。接下来提示：

指定圆弧的起点切向：*移动光标到合适的位置单击左键，橡皮筋作为起点切向 或 输入角度 或 输入点（AutoCAD 自动计算角度）*

指定圆弧的端点或 [闭合(C)/方向(D)/直线(L)/第二个点(S)/放弃(U)]：*输入圆弧段体的端点 或 输入“C”、“D”、“L”、“S”、“U”之一回车*

4）如果输入“L”回车，退出绘制圆弧段体，返回提示“指定下一个点或[圆弧(A)/闭合(C)/放弃(U)]：”

5）如果输入“S”回车，将按三点绘制圆弧段体，接下来提示：

指定圆弧上的第二个点：*输入圆弧段体上第二点*

指定圆弧的端点：*输入圆弧段体上第三点*

指定下一个点或[圆弧(A)/闭合(C)/放弃(U)]：指定圆弧的端点或 [闭合(C)/方向(D)/直线(L)/第二个点(S)/放弃(U)]：*输入圆弧段体的端点 或 输入“C”、“D”、“L”、“S”、“U”之一回车*

6）如果输入“U”回车，将删除最后添加到实体的圆弧段。

（3）闭合(C)

如果输入“C”，将从当前点到多段体的起点，创建一段直线段体或圆弧段体来闭合整个多段体（必须至少指定两个点才能使用该选项）。与（1）中的 2）同理。

（4）放弃(U)

删除最后添加到实体的圆弧段，与（1）中的 6）同理。

2．对象(O)

对主提示直接回车或输入“O”回车，将把已经绘制的二维对象（直线、圆弧、二维多段线、圆、样条曲线、椭圆、椭圆弧、矩形、正多边形）转换为实体对象。接下来提示：

选择对象：*选择要转换为实体的二维对象，即刻成为多段体*


注意

如果已经绘制的二维对象没有宽度，转换成多段体后，其宽度是“polysolid”命令的当前宽度。如果已经绘制的二维多段对象具有宽度，在使用“polysolid”命令将其转换为多段体时，二维多段对象的宽度就是多段体的宽度，不论“polysolid”命令的当前宽度是多少。

多段体命令“polysolid”与拉伸命令“extrude”选择具有宽度的多段线的不同之处在于：拉伸多段线在拉伸时会丢失所有宽度特性，而多段体会保留其直线段的宽度。

3．高度(H)

对主提示直接回车或输入“H”回车，将指定多段体的高度。接下来提示：

指定高度〈当前值〉：*直接回车默认当前高度 或 输入高度回车 或 输入一点（接下来提示“指定第二点”，指定第二点后，两点距离作为高度）*

接下来回到主提示。

4．宽度(W)

对主提示直接回车或输入“W”回车，将指定多段体的宽度。接下来提示：

指定宽度〈当前值〉: *直接回车默认当前宽度 或 输入宽度回车 或 输入一点（接下来提示"指定第二点"，指定第二点后，两点距离作为宽度）*

接下来回到主提示。

5. 对正(J)

对主提示直接回车或输入"J"回车，将在绘制或将对象转换为多段体时，将实体的宽度和高度设置为左对正、右对正或居中，即绘制或对象转换的多段体在起始方向的右侧、左侧或正中间。图 3-4 是两段相切的圆弧，将右边一段采用不同的对正方式转换为多段体后的效果。接下来提示：

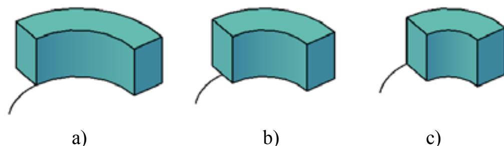


图 3-4　多段体对正

a) 左对正　b) 居中　c) 右对正

输入对正方式[左对正(L)/居中(C)/右对正(R)]〈当前对正方式〉: *直接回车默认当前对正方式 或 输入选项关键字回车改变对正方式*

接下来回到主提示。

3.3　拉伸对象成三维实体或曲面

3.3.1　拉伸命令

用"extrude"命令可以通过将对象拉伸到三维空间来创建实体和曲面。在大多数情况下，可以将闭合对象（闭合轮廓），如圆、多边形、面域等转换为三维实体或曲面，可以将开放对象（例如直线、圆弧等）转换为三维曲面，如图 3-5 所示。

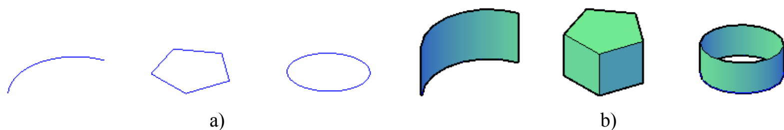


图 3-5　拉伸成实体或曲面

a) 拉伸前　b) 拉伸后

可以拉伸的二维对象包括圆、封闭的多段线、多边形、椭圆、封闭的样条曲线、面域和圆环等。如果想用由直线或圆弧组成的封闭图形来拉伸成三维实体或曲面，在使用"extrude"命令前应该用多段线编辑命令"pedit"的"合并"选项把他们转换成单一的多段线对象，或使用面域命令"region"把他们创建成一个面域，或使用边界命令"boundary"把他们创建成一个面域或多段线。由于可以绘制出各种各样的封闭图形（或面域），因此用"extrude"命令可以拉伸出各种不规则的三维对象。

如果拉伸具有一定宽度的多段线，则将忽略宽度并从多段线路径的中心拉伸多段线。如

果拉伸具有一定厚度的对象，则将忽略厚度。图 3-6 所示为拉伸具有宽度的多段线；图 3-7 所示为拉伸具有宽度和厚度的多段线。

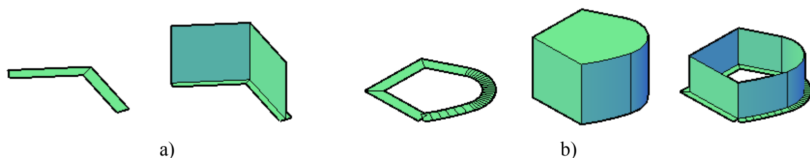

a)　　b)

图 3-6　拉伸具有宽度的多段线

a) 将具有宽度、开放的多段线拉伸成曲面　b) 将具有宽度、闭合的多段线拉伸成实体或闭合曲面

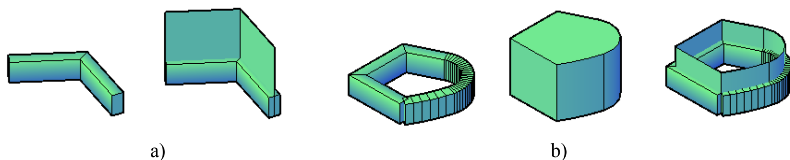

a)　　b)

图 3-7　拉伸具有宽度和厚度的多段线

a) 将具有宽度和厚度、开放的多段线拉伸成曲面　b) 将具有宽度厚度、闭合的多段线拉伸成实体或闭合曲面

不能拉伸包含在块中的对象，也不能拉伸具有相交或自相交段的线段。

extrude 命令的输入方式有：

- 命令：extrude ↙
- 工具栏：建模→拉伸；曲面创建→拉伸；曲面创建 II →拉伸
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→拉伸(X)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“建模”面板→“拉伸”下拉按钮菜单→拉伸；三维建模工作空间→“实体”选项卡→“实体”面板→拉伸；三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“创建”面板→拉伸

命令输入后提示：

当前线框密度: *ISOLINES=<当前值>，闭合轮廓创建模式 = <当前模式>*

选择要拉伸的对象或[模式(MO)]: *选择进行拉伸的对象 或 输入 “MO” 回车*

1）如果是选择进行拉伸的对象，接下来重复提示，直至回车结束选择：

选择要拉伸的对象或[模式(MO)]: *选择要拉伸的对象*

……

选择要拉伸的对象或[模式(MO)]: ↙

对象选择完毕后将出现主提示：

指定拉伸的高度或[方向(D)/路径(P)/倾斜角(T)/表达式(E)] <默认拉伸高度值>: *直接回车默认拉伸高度 或 输入拉伸的高度值 或 输入 “D”、“P”、“T”、“E” 之一回车*

2）如果输入“MO”回车，接下来提示：

闭合轮廓创建模式[实体(SO)/曲面(SU)] <当前模式>: *直接回车默认拉伸模式 或 输入 “SO” 回车将闭合轮廓拉伸成实体，或 输入 SU 回车将闭合轮廓拉伸成曲面*

接下来将重复提示“选择要拉伸的对象或 [模式(MO)]:”。

在操作过程中，如果是选择对象后再输入“MO”回车，回答了“闭合轮廓创建模式[实

体(SO)/曲面(SU)] <当前模式>：”后会直接出现主提示。



注意　在三维建模工作空间“曲面”选项卡的“创建”面板单击“拉伸”按钮，在“曲面创建”工具栏单击“拉伸”，在“曲面创建Ⅱ”工具栏单击“拉伸”，是默认选择将闭合轮廓拉伸成曲面，其余情况是默认选择将闭合轮廓拉伸成实体。



主提示各选项的意义如下：

1．指定拉伸的高度

该选项为首选项，如果输入正值，将沿对象所在坐标系的 Z 轴正方向拉伸对象；如果输入负值，将沿 Z 轴负方向拉伸对象。被拉伸对象不必平行于同一平面，可被同时拉伸，如图 3-8 所示。如果所有对象处于同一平面上，将沿该平面的法线方向拉伸对象。默认情况下，将沿对象的法线方向拉伸平面对象。

如果拉伸一个对象，移动光标将动态显示拉伸过程。如果同时拉伸两个以上的对象，还可以用指定两个点确定拉伸高度的方式。

2．方向(D)

对主提示输入“D”回车，将指定两点，由两点确定拉伸的长度和方向（但方向不能与被拉伸对象——扫掠曲线所在的平面平行）。接下来提示：

指定方向的起点：*输入方向起点*

指定方向的端点：*输入方向端点*

随两点的位置不同，拉伸后的实体可能倾斜，如图 3-9 所示。

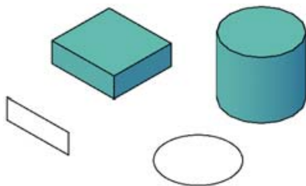


图 3-8　同时拉伸不在同一平面内的对象

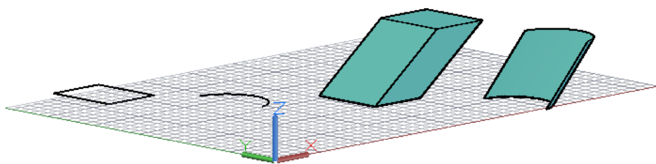


图 3-9　拉伸后倾斜的实体

3．路径(P)

对主提示输入“P”回车，将选择拉伸路径。路径将移动到轮廓的质心，然后沿选定路径拉伸选定对象的轮廓以创建实体或曲面，如图 3-10 所示。

可以用做路径的对象有直线、圆、圆弧、椭圆、椭圆弧、多段线或样条曲线。

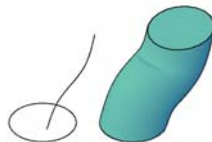


图 3-10　沿选定路径拉伸选定对象

路径不能与要拉伸的二维对象在同一个平面内，也不能是具有高曲率的区域。拉伸始于被拉伸对象所在平面并沿路径方向拉伸。如果路径包含不相切的线段，那么将沿每个线段拉伸对象，然后沿线段形成的角平分面斜接接头，如图 3-11 所示。如果路径是封闭的，被拉伸对象应位于斜截面上，如图 3-12 所示，这样才能使实体的起始截面和终止截面相互匹配。如果拉伸具有多个环的对象，所有环都将显示在拉伸实体终止截面这一相同平面上，如图 3-13 所示。

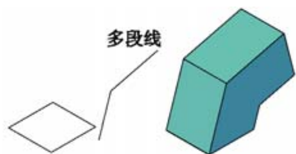


图 3-11　沿每个线段拉伸对象



图 3-12　被拉伸对象的路径封闭



图 3-13　拉伸具有多个环的对象

选择路径(P)选项后接下来提示：

选择拉伸路径或[倾斜角(T)]: *选择一个路径 或 输入 “T” 回车*

如果选择一个拉伸路径，命令结束。如果输入“T”回车，将设置拉伸的倾斜角度。接下来提示：

指定拉伸的倾斜角度或[表达式(E)] <当前角度>: *直接回车应用当前角度 或 输入一个角度 或 输入 AutoCAD 的公式或方程式以指定拉伸的倾斜角度（从略）*

选择拉伸路径: *选择一个路径*

正角度表示从基准对象逐渐变细地拉伸，如图 3-14 所示；而负角度则表示从基准对象逐渐变粗地拉伸；默认角度 0 表示在与二维对象所在平面垂直的方向上进行拉伸。所有选定的对象和环都将倾斜到相同的角度。倾斜角度介于−90°～90°之间。

指定一个较大的倾斜角或较长的拉伸高度，将导致对象或对象的一部分在到达拉伸高度之前就已经汇聚到一点，以致不能拉伸。

当圆弧是锥状拉伸的一部分时，圆弧的张角保持不变而圆弧的半径则改变了，如图 3-15 所示。

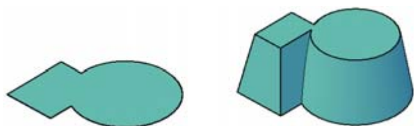


图 3-14　拉伸的倾斜角度为正角度

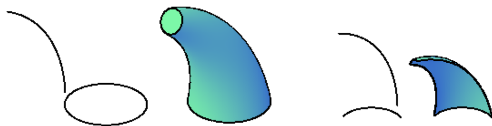


图 3-15　拉伸后圆弧的张角不变而圆弧的半径改变

4. 倾斜角(T)

对主提示输入“T”回车，将设置拉伸的倾斜角度，即拉伸一个高度后放大或缩小的角度,与“3.路径(P)”中的子选项“倾斜角(T)”意义一样。接下来提示：

指定拉伸的倾斜角度或[表达式(E)] <当前角度>: *直接回车应用当前角度 或 输入一个角度 或 输入 AutoCAD 的公式或方程式以指定拉伸的倾斜角度（从略）*

指定拉伸的高度或[方向(D)/路径(P)/倾斜角(T)/表达式(E)] <默认高度>: *此为主提示，按前面所述回答即可*

5．表达式(E)

对主提示输入“E”回车，将以 AutoCAD 的公式或方程式来指定拉伸高度。接下来提示：

输入表达式：*以 AutoCAD 的公式或方程式回答*

3.3.2 可拉伸对象及可作为路径的对象

表 3-1 列出了可以拉伸以及可以作为拉伸路径的对象。

表 3-1　可拉伸对象及可作为路径的对象

对 象 类 型	是否可以拉伸？	是否可以作为拉伸路径？	注　　释
三维面	可		
圆弧	可	可	
圆	可	可	
椭圆	可	可	
椭圆弧	可	可	
螺旋		可	
直线	可	可	
网格面	可		
网格边	可	可	
二维多段线	可	可	不能拉伸具有交叉线段的多段线。拉伸时忽略厚度和宽度（从中心线拉伸）
三维多段线		可	
面域	可		
二维实体	可		
三维实体：边	可	可	
三维实体：面	可		
二维样条曲线	可	可	
三维样条曲线	可	可	
曲面：边	可	可	
曲面：平面和非平面	可	可	
宽线	可		

从表 3-1 可以看出可以拉伸的对象以及可以作为拉伸路径的对象很多。图 3-16 是拉伸实体对象的一个面或一条边的例子，图 3-17 为拉伸曲面对象的一条边。至于其他对象，如网格（参看第 5 章）的面或边的拉伸等，读者可自己尝试。

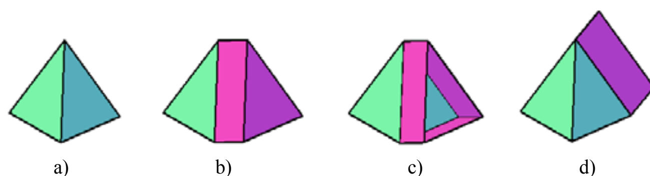


图 3-16　拉伸实体对象面或边

a) 实体四棱锥　b) 拉伸面成实体　c) 拉伸面成闭合曲面　d) 拉伸边成曲面

在图 3-16 和图 3-17 中，选择实体或曲面的面或边（称为子对象，参看 7.3 节）时按住〈CTRL〉键。

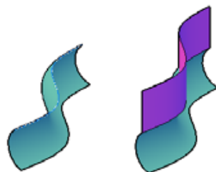


图 3-17　拉伸曲面对象的一条边

3.3.3 系统变量“DELOBJ”

系统变量“DELOBJ”用来控制保留还是删除用于创建三维对象的原几何图形。

表 3-2　系统变量“DELOBJ”的值

0	保留所有定义的几何图形。
1	删除轮廓曲线（包括与“extrude”、“sweep”、“revolve”和“loft”命令配合使用的轮廓曲线）。删除“convtosolid”、“convtosurface”、“convtonurbs”和“convtomesh”命令定义的所有几何图形，并删除使用“loft”命令的横截面
2	删除所有定义几何图形（包括与 sweep 和 loft 命令配合使用的路径曲线和导向曲线）
3	如果动作产生实体对象，将删除所有定义几何图形（包括与“sweep”和“loft”命令配合使用的路径曲线和导向曲线）。删除“convtosolid”、“convtosurface”、“convtonurbs”和“convtomesh ”命令的所有定义几何图形
−1	显示删除轮廓曲线（包括与“extrude”、“sweep”、“revolve”和“loft”命令配合使用的轮廓曲线）的提示。提示删除与“loft”命令配合使用的横截面 “convtosolid”、“convtosurface”和“convtomesh”命令的原始几何图形将在无提示情况下被删除
−2	显示删除所有定义几何图形（包括与“sweep”和“loft”命令配合使用的路径曲线和导向曲线）的提示 “convtosolid”、“convtosurface”和“convtomesh”命令的原始几何图形将在无提示情况下被删除
−3	显示结果图元是任何类型的曲面时删除所有定义几何图形的提示。删除生成实体图元的所有原始几何图形 “convtosolid”、“convtosurface”、“convtonurbs”和“convtomesh”命令的原始几何图形将在无提示情况下被删除

3.4　通过扫掠创建实体或曲面

3.4.1 扫掠命令

“sweep”命令可沿开放或闭合的二维或三维路径扫掠开放或闭合的平面曲线（轮廓）创建实体或曲面。沿路径扫掠轮廓时，轮廓将被移动并与路径垂直对齐。如果沿一条路径扫掠开放的曲线，则将生成曲面；如果沿一条路径扫掠闭合的曲线，可生成实体，也可生成曲面，如图 3-18 所示。一次可以扫掠多个轮廓对象。

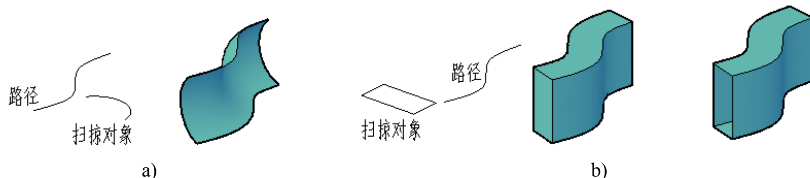


图 3-18　沿路径扫掠生成曲面或实体

a) 扫掠开放的曲线生成曲面　b) 扫掠闭合的曲线可生成实体或曲面

系统变量“DELOBJ”用来控制是否自动删除轮廓和扫掠路径。

命令的输入方式有：

- 命令：sweep ↙
- 工具栏：建模→扫掠；曲面创建→扫掠；曲面创建Ⅱ→扫掠
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→扫掠(P)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“建模”面板→“拉伸”下拉按钮菜单→扫掠；三维建模工作空间→“实体”选项卡→“实体”面板→扫掠；三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“创建”面板→扫掠

命令输入后提示：

当前线框密度: ISOLINES=<当前值>，闭合轮廓创建模式 = <当前模式>

选择要扫掠的对象或[模式(MO)]: *选择要扫掠的对象 或 输入“MO”回车*

1）如果是选择要扫掠的对象，接下来重复提示，直至回车结束选择。

选择要扫掠的对象或[模式(MO)]: *选择要扫掠的对象*

… …

选择要扫掠的对象或[模式(MO)]: ↙

对象选择完毕后将出现主提示：

选择扫掠路径或[对齐(A)/基点(B)/比例(S)/扭曲(T)]: *选择扫掠路径 或 输入“A”、“B”、“S”、“T”之一回车*

2）如果输入 MO 回车，接下来提示：

闭合轮廓创建模式[实体(SO)/曲面(SU)] <当前模式>: *直接回车默认拉伸模式 或 输入“SO”回车将闭合轮廓拉伸成实体，或 输入“SU”回车将闭合轮廓拉伸成闭合曲面*

接下来是重复提示“选择要拉伸的对象或 [模式(MO)]:”。

在操作过程中，如果选择了对象后再输入“MO”回车，回答了“闭合轮廓创建模式[实体(SO)/曲面(SU)] <当前模式>:”后会直接出现主提示。



注意 在三维建模工作空间“曲面”选项卡的“创建”面板单击“扫掠”，在“曲面创建”工具栏单击“扫掠”，或在“曲面创建Ⅱ”工具栏单击“扫掠”，会默认选择将闭合轮廓扫掠成曲面，其余情况下默认选择将闭合轮廓扫掠成实体。

主提示各选项的意义如下：

1．选择扫掠路径

该选项为首选项，选择扫掠路径后命令结束。图 3-19 所示为螺旋线（参看 3.4.3 绘制螺旋）的扫掠路径，图中圆为扫掠对象。

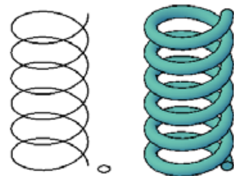


图 3-19 圆沿螺旋线扫掠

2．对齐(A)

对主提示输入“A”回车，指定是否将扫掠对象的轮廓对齐扫掠路径切线的法向（即是否使扫掠对象与路径垂直），如图 3-20 所示。默认情况下，程序是将扫掠对象的轮廓与扫掠路径切向的法向对齐的。接下来提示：

扫掠前对齐垂直于路径的扫掠对象[是(Y)/否(N)] <是>: *直接回车默认对齐 或 输入“Y”回车对齐 或*

输入“N”回车不对齐

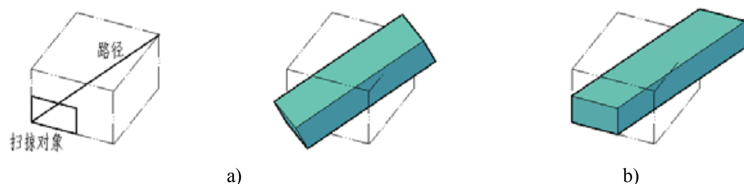


图 3-20　扫掠对象的轮廓与扫掠路径是否垂直的效果

a) 扫掠对象轮廓与路径垂直　　b) 扫掠对象轮廓与路径不垂直

接下来回到主提示。

3．基点(B)

对主提示输入“B”回车，将改变要扫掠对象的基点，如图 3-21 所示。如果指定的点不在选定对象所在的平面上，则该点将被投影到该平面上。接下来提示：

指定基点：*输入基点*

接下来回到主提示。

4．比例(S)

对主提示输入“S”回车，将指定比例因子以进行扫掠操作。从扫掠路径的开始到结束，比例因子将统一应用到扫掠的对象，如图 3-22 所示。接下来提示：

输入比例因子或[参照(R) /表达式(E)] <当前比例因子>：*直接回车默认当前比例因子 或 输入比例因子 或 输入“R”回车 或 输入“E”回车以 AutoCAD 的公式或方程式确定比例因子（从略）*

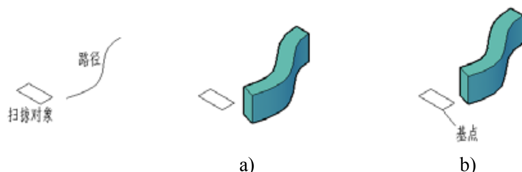


图 3-21　改变扫掠基点

a) 默认扫掠基点　b) 改变扫掠基点

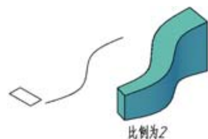


图 3-22　改变扫掠的比例

如果直接回车默认当前比例因子，回到主提示。输入比例因子，回到主提示。如果输入“R”回车，接下来提示：

指定起点参照长度 <当前长度>：*直接回车默认当前参照长度 或 输入参照长度值 或 指定两点（指定一点后再回答“指定第二点”），两点距离为参照长度*

指定端点参照长度 <当前长度>：*直接回车默认当前参照长度 或 输入参照长度值 或 指定两点（指定一点后再回答“指定第二点”），两点距离为参照长度*

接下来回到主提示。

5．扭曲(T)

对主提示输入“T”回车，设置正被扫掠的对象的扭曲角度。扭曲角度指定沿扫掠路径全部长度的旋转量。接下来提示：

输入扭曲角度或允许非平面扫掠路径倾斜[倾斜(B)/表达式(EX)] <当前扭曲角度>：*直接回车默认当前扭曲角度 或 输入扭曲角度 或 输入“B”回车 或 输入“EX”回车以 AutoCAD 的公式或方程式确定扭*

曲角度（从略）

若输入“B”回车，将指定被扫掠的曲线沿三维扫掠路径（三维多段线、三维样条曲线或螺旋）自然倾斜（旋转）。

图 3-23 是被扫掠的曲线沿三维扫掠路径自然倾斜和旋转的结果。



图 3-23 扫掠扭曲

接下来回到主提示。


注意

UCS 的位置和方向影响扫掠的结果。

3.4.2 可扫掠及可用做扫掠路径的对象

表 3-3 列出了可以扫掠的对象以及可以作为扫掠路径的对象。

表 3-3 可以在扫掠操作中使用的对象

可以扫掠的对象	可以用做扫掠路径的对象
二维和三维样条曲线	二维和三维样条曲线
二维多段线	二维和三维多段线
二维实体	实体、曲面和网格边子对象
三维实体面子对象	螺旋
圆弧	圆弧
圆	圆
椭圆	椭圆
椭圆弧	椭圆弧
直线	直线
面域	
实体、曲面和网格边子对象	
宽线	

从表 3-3 可以看出，除直线、曲线等可以作为扫掠对象或扫掠路径外，实体、曲面的子对象面、边，也可以作为扫掠对象或扫掠路径。图 3-24a 是曲面的一条边作为扫掠路径的例子，图 3-24b 是曲面的一条边作为扫掠对象的例子。


注意

若选择实体或曲面上的面和边，可先按住〈Ctrl〉键。

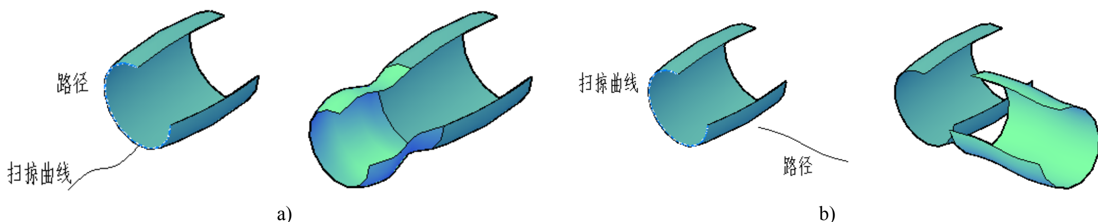


图 3-24　曲面的一条边作为扫掠路径或扫掠对象

a) 曲面的一条边作为扫掠路径　b) 曲面的一条边作为扫掠对象

3.4.3 绘制螺旋

可由“helix”命令创建二维或三维螺旋线。将螺旋线用做“sweep”命令的扫掠路径可以创建弹簧、螺纹或环形楼梯。命令的输入方法有：

- 命令：helix ↙
- 工具栏：建模→螺旋
- 下拉菜单：绘图(D)→螺旋(I)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→ 绘图 ▾ 下拉按钮菜单 ⇨ 螺旋

命令输入后提示：

圈数 =<当前值>　扭曲=CCW

指定底面的中心点:

指定底面半径或 [直径(D)] <当前值>: *直接回车默认当前底面半径值 或 输入底面半径或 移动光标到合适的位置单击鼠标左键（动态确定半径值） 或 输入 “d” 后回车然后回答指定底面直径的提示*

指定顶面半径或 [直径(D)] <当前值>: *直接回车默认当前顶面半径值 或 输入顶面半径或 移动光标到合适的位置单击鼠标左键（动态确定半径值）或 输入 “d” 后回车然后回答指定顶面直径的提示*

如果底面半径和顶面半径相同，将创建圆柱形螺旋线；如果底面半径和顶面半径不同，将创建圆锥形螺旋线，如图 3-25 所示。实际操作时，默认顶面半径和底面半径总是相同的。不能指定 0 同时作为底面半径和顶面半径。

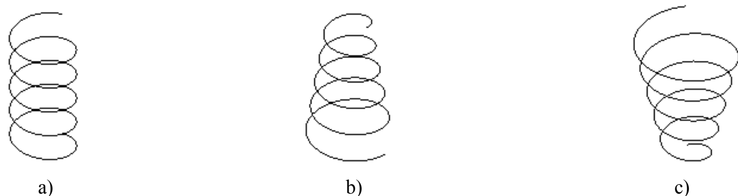


图 3-25　底面半径（直径）和顶面半径（直径）相同或不同的螺旋线

a) 底面和顶面半径相同　b) 顶面半径小、底面半径大　c) 顶面半径大、底面半径小

接下来将出现主提示：

指定螺旋高度或 [轴端点(A)/圈数(T)/圈高(H)/扭曲(W)] <当前值>: *直接回车默认当前螺旋高度 或 输入 “A”、“T”、“H”、“W” 之一后回车*

1. 指定螺旋高度

可以从键盘输入螺旋高度值；也可以移动光标，动态设定螺旋高度，到合适的高度单击

鼠标左键确定。如果底面半径和顶面半径不同而高度值为 0，则将创建扁平的二维螺旋。

2．轴端点(A)

对主提示输入“A”回车，将指定螺旋轴的端点位置。轴端点可以位于三维空间的任意位置，定义了螺旋线的长度和方向。接下来提示：



指定轴端点：*输入轴端点坐标 或 移动光标到合适的位置单击鼠标左键（动态确定螺旋线的长度和方向）*

3．圈数(T)

对主提示输入“T”回车，将确定螺旋线的圈（旋转）数。螺旋的圈数不能超过 500。最初，圈数的默认值为 3。绘图时，圈数的默认值始终是先前输入的圈数值。接下来提示：

输入圈数<当前值>：直接回车默认当前圈数 或 输入圈数值

4．圈高(H)

对主提示输入“H”回车，将确定螺旋线的一个完整圈的高度。接下来提示：

指定圈间距<当前值>：*直接回车默认当前圈间距 或 输入圈间距值*

螺旋的高度、圈数、圈高的关系式为：螺旋的高度=圈数×圈高。确定两个值，另一个将相应地自动更新。

5．扭曲(W)

确定以顺时针(CW)方向还是逆时针方向(CCW)绘制螺旋线，默认为逆时针。接下来提示：

输入螺旋的扭曲方向 [顺时针(CW)/逆时针(CCW)] <当前值>：*直接回车默认当前扭曲方向 或 输入“CW（CCW）”改变螺旋的扭曲方向*

接下来回到主提示。



注意　螺旋线创建后，可以使用夹点或“特性”选项板来修改其形状和大小。

3.5 通过放样创建实体或曲面

3.5.1 放样命令

“loft”命令用来在若干横截面之间的空间中，对横截面轮廓进行放样，以此来创建三维实体或曲面，如图 3-26 所示。横截面的轮廓和位置决定了实体或曲面对象的形状。放样时至少要指定两个横截面轮廓。

横截面轮廓可以为开放轮廓（例如圆弧、直线等），也可以为闭合轮廓（例如圆、多边形、面域等）。如果对一组开放的横截面曲线进行放样，则将生成曲面对象，如图 3-26a 所示。如果对一组闭合的横截面曲线进行放样，可生成实体（如图 3-26b 所示），也可生成曲面（如图 3-26c 所示）。

放样时使用的横截面必须全部开放或全部闭合。不能使用既包含开放曲线又包含闭合曲线的选择集。

系统变量“DELOBJ”控制创建实体或曲面时是否自动删除横截面、路径和导向线。

命令的输入方式有：

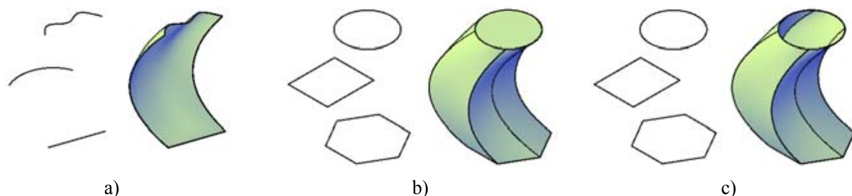


图 3–26　放样创建三维曲面或实体

a) 开放的横截面放样生成曲面　b) 闭合的横截面放样生成实体　c) 闭合的横截面放样生成曲面

- 命令：loft ↙
- 工具栏：建模→放样；曲面创建→放样；曲面创建 II→放样
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→放样(L)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“建模”面板→“拉伸”下拉按钮菜单的放样；三维建模工作空间→“实体”选项卡→“实体”面板→“扫掠”下拉按钮菜单→放样；三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“创建”面板→放样

命令输入后将出现初提示：

当前线框密度: *ISOLINES=<当前值>，闭合轮廓创建模式 = <当前模式>*

按放样次序选择横截面或[点(PO)/合并多条边(J)/模式(MO)]: *选择横截面对象 或 输入 “PO”、“J”或 “MO”之一回车*

先说明初提示：

1）如果是按放样次序选择横截面，将选择一系列横截面轮廓来创建三维实体或曲面。接下来重复提示，直至回车结束选择。

按放样次序选择横截面或[点(PO)/合并多条边(J)/模式(MO)]: *选择横截面对象*

……

按放样次序选择横截面或[点(PO)/合并多条边(J)/模式(MO)]: ↙

对象选择完毕后将出现主提示：

选中了 × 个横截面

输入选项[导向(G)/路径(P)/仅横截面(C)/设置(S)] <仅横截面>: *直接回车或输入 “C”回车采用 “仅横截面” 或 输入 “G”、“P”、“S”之一回车*

如果横截面中有面域、实体或曲面的面或边等，主提示将多出两项：

输入选项[导向(G)/路径(P)/仅横截面(C)/设置(S)/连续性(CO)/凸度幅值(B)] <仅横截面>: *直接回车或输入 “C”回车采用 “仅横截面” 或 输入 “G”、“P”、“S”、“CO”或 “B”之一回车*

2）如果对初提示输入“PO”回车，将指定放样的起点为一个点，即创建有尖点的实体或曲面，如图 3–27 所示。接下来提示：

指定放样起点: *输入一个点*

按放样次序选择横截面或 [点(PO)/合并多条边(J)/模式(MO)]: *选择闭合曲线作为横截面或 输入 “J”、“MO”之一回车*

接下来重复该提示，对象选择结束后将回到主提示。

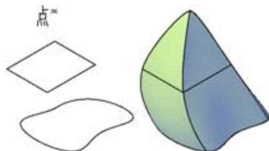


图 3–27　放样的起点为一个点



3）如果对初提示输入“J”回车，将使实体、曲面、多段线、面域等上的多个端点相交曲线合并为一个横截面。图 3-28a 是分别选择面域的两个边作为两个横截面所创建的曲面；图 3-28b 是选择三维对象上的两条边作为一个横截面，选择多段线上的三条边作为另一个横截面所创建的曲面。其操作过程都是：

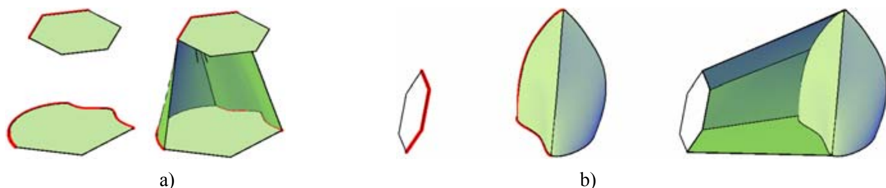


图 3-28　将多个端点相交曲线合并为一个横截面

a) 选择面域的边作为横截面　b) 选择三维对象上的边和多段线上的边作为横截面

按放样次序选择横截面或 [点(PO)/合并多条边(J)/模式(MO)]: *输入 “J” 回车*

选择要合并到一个横截面中的边: *选择对象上的一条曲线*

……

选择要合并到一个横截面中的边: ↙

按放样次序选择横截面或 [点(PO)/合并多条边(J)/模式(MO)]: *输入 “J” 回车*

选择要合并到一个横截面中的边: *选择对象上的一条曲线*

……

选择要合并到一个横截面中的边↙

按放样次序选择横截面或 [点(PO)/合并多条边(J)/模式(MO)]: ↙

接下来回到主提示。

4）如果对初提示输入“MO”回车，将确定闭合轮廓放样创建的是实体还是曲面。接下来提示：

闭合轮廓创建模式[实体(SO)/曲面(SU)] <当前模式>: *直接回车默认当前模式 或 输入 “SO” 回车将闭合轮廓放样成实体，或 输入 SU 回车将闭合轮廓放样成曲面*

接下来是重复提示“按放样次序选择横截面或 [点(PO)/合并多条边(J)/模式(MO)]:”。

在操作过程中，如果选择了横截面后再输入“MO”回车，回答了“闭合轮廓创建模式[实体(SO)/曲面(SU)] <当前模式>:”后会直接出现主提示。


注意

在三维建模工作空间“曲面”选项卡的“创建”面板单击“放样”，在“曲面创建”工具栏单击“放样”，或在“曲面创建 II”工具栏单击“放样”，会默认选择将闭合轮廓放样成曲面，其余情况下默认选择将闭合轮廓放样成实体。

下面说明主提示的各选项：

1．仅横截面

该选项为首选项，仅通过指定一系列横截面来创建实体或曲面。对主提示直接回车或输入“C”回车后，命令结束。

2．导向(G)

对主提示输入“G”回车，选择多条曲线作为导向轮廓（导向轮廓：控制放样实体或曲面轮廓形状的直线或曲线）。实际放样时，可以使用导向轮廓来控制点如何匹配相应的横截面以防止出现不希望看到的效果（例如结果实体或曲面中的皱褶）。可以为放样曲面或实体选择任意数目的导向轮廓，如图 3-29 所示。

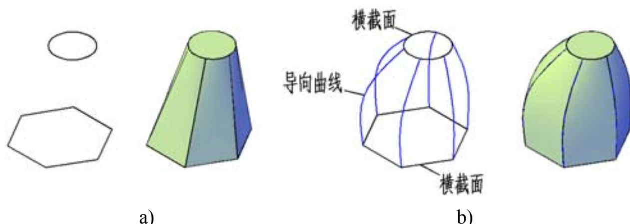


图 3-29　导向曲线放样

a) 没有导向曲线的放样　b) 有导向曲线的放样

每条导向轮廓必须满足以下三个条件才能正常放样：

1）与每个横截面相交。

2）始于第一个横截面。

3）止于最后一个横截面。

“导向(G)”选项的命令提示为：

选择导向轮廓或 [合并多条边(J)]:*选择导向曲线 或输入 “J” 回车选择要合并到一个横截面中的边*

……

选择导向轮廓或 [合并多条边(J)]:↙

导向轮廓选择完成后回车，完成放样。

3．路径(P)

对主提示输入“P”回车，将选择单一路径曲线以定义实体或曲面的形状，如图 3-30 所示。路径曲线必须与横截面的所有平面相交。

“路径(P)”选项的命令提示为：

选择路径轮廓：*选择路径曲线*

路径曲线选择完成后回车，完成放样。

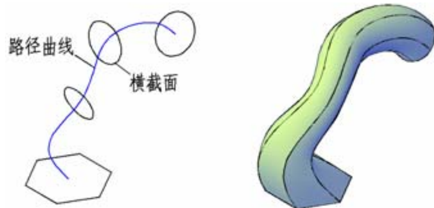


图 3-30　以路径曲线放样

4．设置(S)

对主提示输入“S”回车，打开“放样设置”对话框，如图 3-31 所示：

“放样设置”对话框控制放样曲面在其横截面处的轮廓。用户还可以通过它来闭合曲面或实体。

（1）“直纹(R)”单选按钮

指定实体或曲面在横截面之间为直纹（直的），并且在横截面处具有鲜明边界，如图 3-32 所示。

（2）“平滑拟合(F)”单选按钮

指定在横截面之间绘制平滑实体或曲面，并且在起点和终点横截面处具有鲜明边界。

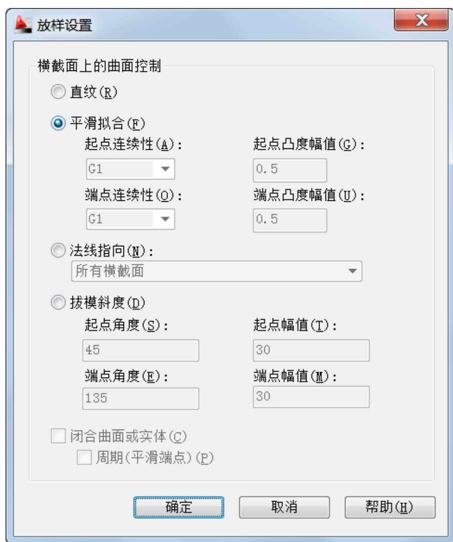


图 3-31 “放样设置”对话框

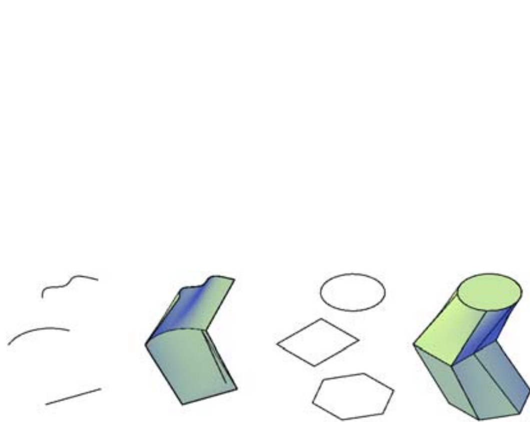


图 3-32 “直纹”放样

“起点连续性(A)”下拉列表：设定第一个横截面的连续性。单击下拉列表，从中选择“G0”、“G1”或“G2”。“G0”指曲线或曲面在同一位置合并，即定位；“G1”指曲面之间的定位和相切匹配，即定位+相切；“G2”指曲面之间的定位、相切和曲率匹配，即定位+相切+曲率。关于连续性的更多论述，参看 4.1 节。

“端点连续性(O)”下拉列表：设定最后一个横截面的连续性。单击下拉列表，从中选择“G0”、“G1”或“G2”。

“起点凸度幅值(G)”文本框：设定第一个横截面的曲线的大小，从文本框中输入大于 0 的凸度幅值。凸度幅值是测量两曲面相交时“凸出”程度的一个指标。仅适用于具有“G1”或“G2”连续性的曲面。凸度幅值是正值，其中 0 表示平坦，值越大弯曲程度越大。

“端点凸度幅值(U)”文本框：设定最后一个横截面的曲线的大小。在其连续性为“G1”或“G2”时可用，从文本框中输入大于 0 的凸度幅值。

图 3-33 是在两曲面和一条样条曲线之间放样曲面的效果，读者可以从随书光盘打中开该图，设置不同的起（终）点连续性和起（终）点凸度幅值，观察曲面的变化（选择曲面边时先按住〈Ctrl〉键）。

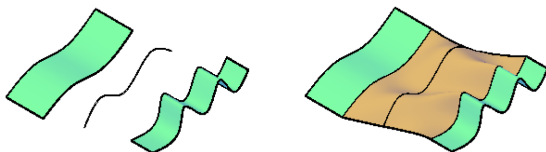


图 3-33 起（终）点连续性和起（终）点凸度幅值

（3）“法线指向(N)”单选按钮

控制实体或曲面在其通过横截面处的曲面法线。选中该按钮后下拉列表可用，下拉列表中有四个选项：

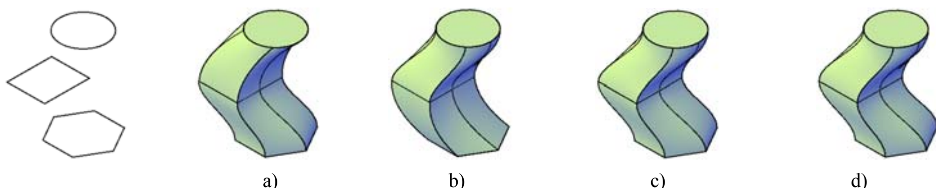
起点横截面：指定曲面法线为起点横截面的法向。

终点横截面：指定曲面法线为终点横截面的法向。

起点和终点横截面：指定曲面法线为起点和终点横截面的法向。

所有横截面：指定曲面法线为所有横截面的法向。

图 3-34 是按“法线指向”放样，底部六边形为第一个横截面。



a)　　b)　　c)　　d)

图 3-34 “法线指向”放样

a) 起点横截面　b) 终点横截面　c) 起点和终点横截面　d) 所有横截面

（4）“拔模斜度(D)”单选按钮

控制放样实体或曲面的第一个和最后一个横截面的拔模斜度和幅值。起点角度为曲面的开始方向，0 定义为从曲线所在平面向外。选中“拔模斜度”单选按钮，其四个文本框可用：

起点角度(S)：指定起点横截面的拔模斜度。

起点幅值(T)：在曲面开始弯向下一个横截面之前，控制曲面到起点横截面在拔模斜度方向上的相对距离。

端点角度(E)：指定终点横截面拔模斜度。

端点幅值(M)：在曲面开始弯向上一个横截面之前，控制曲面到端点横截面在拔模斜度方向上的相对距离。

图 3-35 显示了放样实体的下横截面的起点角度和上横截面的终点角度。下横截面的起点角度为 45°，上横截面的起点角度为 135°。

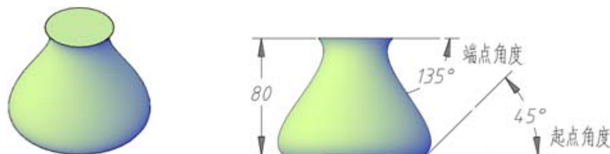
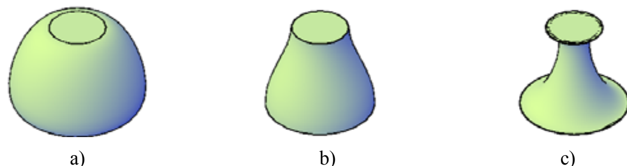


图 3-35　起点角度和端点角度对拔模斜度的影响

图 3-36 是相同的上、下横截面，起点幅值和端点幅值都为 0，起点角度与端点角度相等，但 a、b、c 的起点角度、端点角度各不相同时的效果。



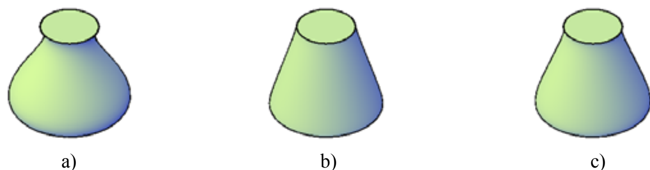
a)　　b)　　c)

图 3-36　起点角度、端点角度对拔模斜度的影响

a) 起点角度为 0°　b) 起点角度为 90°　c) 起点角度为 180°

端点角度为 0°　端点角度为 90°　端点角度为 180°

图 3-37 是相同的上、下横截面，d、e、f 的起点角度都为 45°、端点角度都为 135°，起点幅值和端点幅值相等，但 d、e、f 的起点幅值、端点幅值各不相同时的效果。

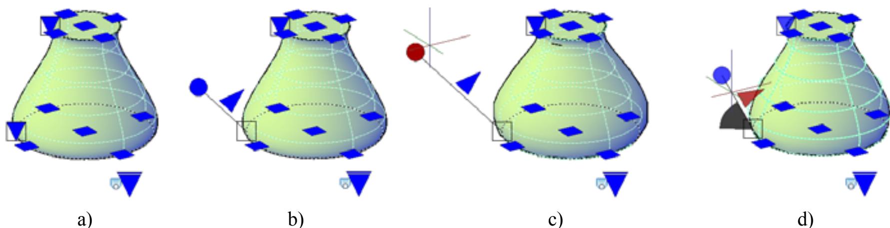


a) b) c)

图 3-37 起点幅值、端点幅值对拔模斜度的影响

a) 起点幅值为 0° 端点幅值为 0° b) 起点幅值为 10° 端点幅值为 10° c) 起点幅值为 30° 端点幅值为 30°

除了在“放样设置”对话框中设置放样实体或曲面的第一个和最后一个横截面的拔模斜度和幅值，还可以在放样完成后，使用拔模斜度句柄动态调整拔模斜度和幅值。方法是，选中实体或曲面，在第一个和最后一个横截面处会出现两个有方框的三角形夹点，如图 3-38a 所示；单击该夹点，展开句柄，如图 3-38b 所示；单击圆形夹点使其成为红色（热点），在句柄线方向上移动光标，其作用是动态改变幅值，如图 3-38c 所示；单击句柄线旁的三角形夹点使其成为热点，移动光标，可旋转句柄线，其作用是动态改变拔模斜度，如图 3-38d 所示。



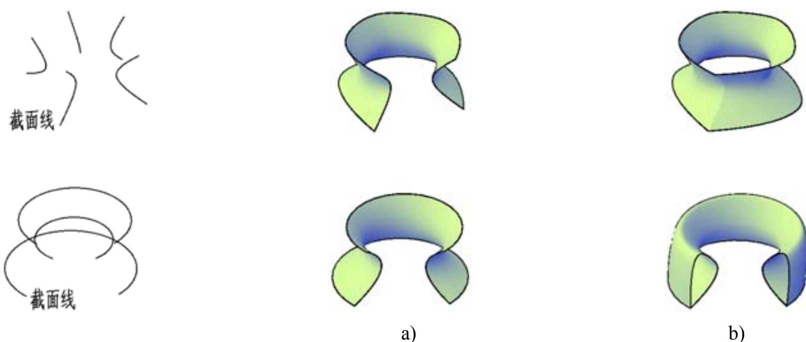
a) b) c) d)

图 3-38 动态改变拔模斜度

a) 有方框的三角形夹点 b) 展开句柄 c) 单击圆形夹点并移动光标 d) 单击三角形夹点并移动光标

（5）“闭合曲面或实体(C)”复选框

仅在“直纹”和“平滑拟合”时可用，用来闭合第一个和最后一个横截面之间的曲面或实体，如图 3-39 所示。使用该选项时，横截面应该形成圆环形图案，以便放样曲面或实体可以形成闭合的管状，如图 3-39b 所示。



a) b)

图 3-39 “闭合曲面或实体”复选框选中与否的效果

a) 不选中“闭合曲面或实体” b) 选中“闭合曲面或实体”

“周期（平滑端点）(P)”复选框：创建平滑的闭合曲面，在重塑该曲面时其接缝不会扭曲。仅在选中“闭合曲面或实体(C)”复选框时才可用。读者可以图 3-39b 试之。

在“放样设置”对话框设置时，绘图区域中的放样对象会实时显示设置效果。设置完成后，单击“确定”按钮，完成放样。

在实际放样操作时，一旦选择横截面结束，命令行在出现主提示的同时，经过横截面的实体或曲面初步形成，同时在实体或曲面的旁边出现一个向下的三角形夹点，单击该夹点，打开下拉菜单，如图 3-40 所示，从中选择放样设置，而无需打开“放样设置”对话框。不过此时选择的某一放样设置的具体参数是当前的默认参数。



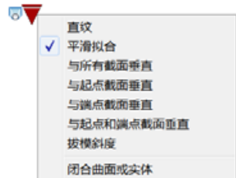


图 3-40　放样设置夹点菜单

从图 3-40 的下拉菜单中选择菜单项相当于改变系统变量“LOFTNORMALS”的值。“LOFTNORMALS”可以取 0～6 的整数值，对应图 3-40 的下拉菜单的前 7 项。

5．连续性(CO)

如果对主提示输入“CO”回车，将指定在曲面相交的位置连续性为“G0”、“G1”还是“G2”。接下来随选择对象的不同，可能有如下的一个或两个提示：

输入放样起点连续性 [G0(G0)/G1(G1)/G2(G2)] <当前值>: *直接回车默认当前值 或 输入 “G0”、“G1”、“G2” 之一回车*

输入放样端点连续性 [G0(G0)/G1(G1)/G2(G2)] <当前值>: *直接回车默认当前值 或 输入 “G0”、“G1”、“G2” 之一回车*

接下来回到主提示。

6．凸度幅值(B)

如果对主提示输入“B”回车，是为其连续性为“G1”或“G2”的对象指定凸度幅值。接下来随选择对象的不同，可能有如下的一个或两个提示：

输入放样起点凸度幅值<当前值>: *直接回车默认当前值 或 输入一个正值回车*

输入放样端点凸度幅值<当前值>: *直接回车默认当前值 或 输入一个正值回车*

接下来回到主提示。


注意　仅当“LOFTNORMALS”系统变量设定为“1”（平滑拟合）时，“连续性（CO）”和“凸度幅值（B）”选项才显示。

3.5.2 可用做横截面、放样路径、导向曲线的对象

创建放样实体或曲面时，可以使用表 3-4 中的对象，分别用做横截面、放样路径、导向曲线的对象。

表 3-4　可以分别用做横截面、放样路径、导向曲线的对象

可以用做横截面的对象	可以用做放样路径的对象	可以用做导向曲线的对象
二维多段线	样条曲线	二维样条曲线
二维实体		

（续）

可以用做横截面的对象	可以用做放样路径的对象	可以用做导向曲线的对象
二维样条曲线	螺旋	二维样条曲线
圆弧	圆弧	圆弧
圆	圆	二维多段线（注意如果二维多段线只包含一个线段，则可以用做导向）
边子对象	边子对象	边子对象
椭圆	椭圆	三维多段线
椭圆弧	椭圆弧	椭圆弧
螺旋	二维多段线	
直线	直线	直线
平面或非平面实体面		
平面或非平面曲面		
点（仅第一个和最后一个横截面）	三维多段线	
面域		
宽线		

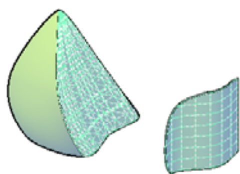


要指出的是，除直线、曲线等可以作为放样横截面外，实体、曲面的子对象面、边，也可以作为放样横截面。图 3-41 是把两曲面作为放样横截面的例子。

通过放样可以创建各种形状复杂，方向、位置不易确定的实体或曲面。图 3-42 是用放样命令得到的楼梯扶手拐角的例子（读者也可以尝试用扫掠命令“sweep”完成这一例子）。



注意　选择实体或曲面上的面和边时先按住〈Ctrl〉键。



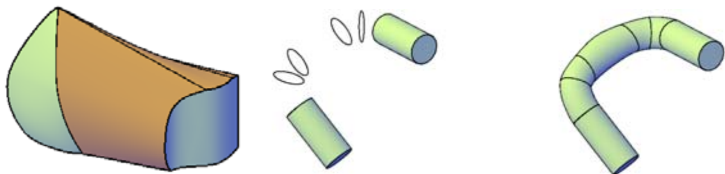


图 3-41　两曲面作为放样横截面的例子　　图 3-42　用放样命令得到的楼梯扶手拐角的例子

3.6　通过旋转创建实体或曲面

使用“revolve”命令，可以绕轴旋转开放对象或闭合对象以创建三维对象。如果旋转开放对象，则生成曲面；如果旋转闭合对象，则生成实体或曲面，如图 3-43 所示。一次可以旋转多个对象。

命令的输入方式有：

- 命令：revolve ↙
- 工具栏：建模→旋转；曲面创建→旋转；曲面创建 II→旋转
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→旋转(R)

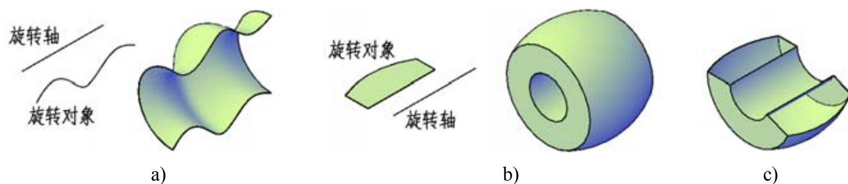


图 3-43 旋转对象生成曲面或实体

a) 旋转开放对象生成曲面 b) 旋转闭合对象生成实体 c) 旋转闭合对象生成曲面

- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“建模”面板→“拉伸”下拉式按钮菜单→旋转；三维建模工作空间→“实体”选项卡→“实体”面板→旋转；三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“创建”面板→旋转

命令输入后提示：

当前线框密度: ISOLINES=<当前值>，闭合轮廓创建模式 = <当前模式>

选择要旋转的对象或[模式(MO)]: *选择要旋转的对象 或 输入“MO”回车*

1）如果是选择要旋转的对象，接下来重复提示，直至回车结束选择。

选择要旋转的对象或[模式(MO)]: *选择要旋转的对象*

……

选择要旋转的对象或[模式(MO)]: ↙

选择对象完成后，接下来是主提示：

指定轴起点或根据以下选项之一定义轴[对象(O)/X/Y/Z]<对象>: *输入旋转轴的起点 或直接回车或输入“O”回车选择对象作为旋转轴 或 输入“X”、“Y”、“Z”之一回车*

2）如果输入“MO”回车，接下来提示：

闭合轮廓创建模式[实体(SO)/曲面(SU)] <当前模式>: *直接回车默认旋转模式 或 输入“SO”回车将闭合轮廓旋转成实体，或 输入“SU”回车将闭合轮廓旋转成曲面*

接下来是重复提示“选择要旋转的对象或[模式(MO)]:”。

在操作过程中，如果是选择对象后再输入“MO”回车，回答了“闭合轮廓创建模式[实体(SO)/曲面(SU)] <当前模式>:”后会直接出现主提示。

 **注意**

在三维建模工作空间的“曲面”选项卡的“创建”面板单击“旋转”，在“曲面创建”工具栏单击“旋转”，在“曲面创建 II”工具栏单击“旋转”，会默认选择将闭合轮廓旋转成曲面，其余情况下默认选择将闭合轮廓旋转成实体。

主提示各选项的意义如下：

1. 指定轴起点

该选项为首选项，要求输入两个点作为旋转轴的起点和终点。从旋转轴的起点到终点为旋转轴的正方向，二维对象的旋转方向符合右手定则，即用右手的大拇指指向旋转轴的正方向并弯曲其他四个手指，四指所指示的方向即为二维对象的旋转方向。指定了旋转轴的起点后，接下来提示：

指定轴端点: *输入旋转轴的另一端点*

指定旋转角度或[起点角度(ST)/反转(R)/表达式(EX)] <360>: *直接回车默认旋转角度为360° 或 输入旋*

转角度 或 输入“ST”、“R”、“EX”之一回车

1）输入旋转角度后，将指定选定对象绕轴旋转的范围。旋转角可正可负，正角度将按逆时针方向旋转对象，负角度将按顺时针方向旋转对象。还可以移动光标，动态指定和预览旋转角度。

2）若输入“ST”回车，将改变旋转的起始角度。接下来提示确定开始旋转的起始位置与旋转对象和轴所在平面所夹的角度：

指定起点角度<0.0>: *直接回车默认起点角度为0° 或 输入起点角度*

指定旋转角度或 [起点角度(ST)/表达式(EX)] <360>: *直接回车默认旋转角度为360° 或 输入旋转角度或 输入“ST”重新确定起点角度 或 输入“EX”以表达式确定旋转角度*

3）若输入“R”回车，将更改旋转方向，类似于输入负角度值。接下来重复提示“指定旋转角度或[起点角度(ST)/反转(R)/表达式(EX)] <360>：”。

4）若输入“EX”回车，将以表达式确定旋转角度（从略）。

图 3-44 是用两个点确定轴线并将一个面域对象旋转 270°的示例。

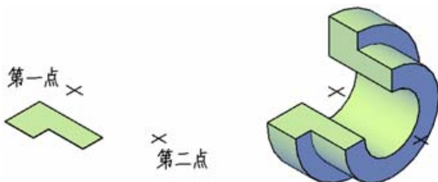


图 3-44 用两点确定轴线旋转对象

2．对象（O）

对主提示直接回车或输入“O”回车，将要求指定一个现有对象作为旋转轴线。轴的正方向从该对象的最近端点指向最远端点。可以作为旋转轴的对象只能是用“line”命令和“pline”命令绘制的线段，以及将实体或曲面的线性边作为旋转轴。若多段线作为轴线，多段线的两个端点连线为轴线。


注意 若选择实体或曲面上的一条边作为旋转轴，可先按住〈Ctrl〉键。接下来提示：

选择对象: *选择要作为旋转轴的对象*

指定旋转角度或[起点角度(ST)/反转(R)/表达式(EX)] <360>: *回答方式与“1.指定轴起点”中的提示一样*

图 3-45 是用所选择的对象作为旋转轴，将一个二维对象旋转一周（360°）的示例。

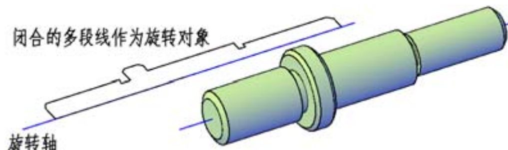


图 3-45 选择轴线旋转对象

3．X /Y / Z

该选项的作用是用当前 UCS 的 X（Y 或 Z）轴作为旋转轴。当前 UCS 的 X（Y 或 Z）轴的正向就是旋转轴的正向。接下来提示：

指定旋转角度或[起点角度(ST)/反转(R)/表达式(EX)] <360>: *回答方式与“1.指定轴起点”中的提示一样*

图 3-46 是用当前 UCS 的 X 轴作为旋转轴的示例。

可以用于旋转的对象应是二维对象，包括：二维实体、平面三维面、圆弧、圆、椭圆、

椭圆弧、直线、二维和三维多段线、面域、实体上的平面、曲面、二维和三维样条曲线、平面曲面、宽线。不能旋转包含在块中的对象。不能旋转将要自交的对象。“revolve”可以命令忽略多段线的宽度，并从多段线路径的中心处开始旋转。


注意　选择实体或曲面上的面、边时，先按住〈Ctrl〉键，如图 3-47 所示。

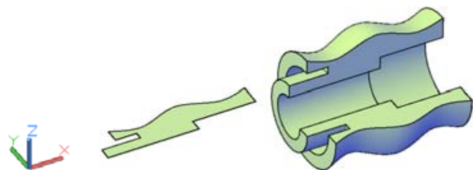


图 3-46　用 X 轴作为旋转轴

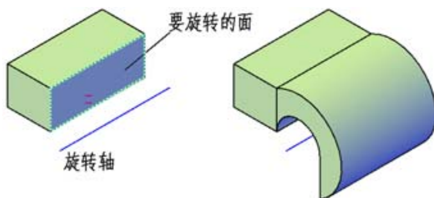


图 3-47　旋转实体上的面

3.7　创建复合对象

3.7.1　创建复合对象的概念

在实际的工作中，经常会遇到对实体或曲面进行组合、挖孔、截取等操作，从而获得复杂对象情况。可以使用三种方法创建复合实体、曲面或面域：

合并两个或两个以上对象：使用“union”命令，可以合并两个或两个以上对象的总体积。

从一组实体中减去另一组实体：使用“subtract”命令，可以从一组对象中删除与另一组对象的公共区域。例如，可以使用“subtract”命令从对象中减去圆柱体，从而在对象中添加孔。

查找公共体积：使用“intersect”命令，可以从两个或两个以上重叠对象的公共部分创建复合实体。“intersect”命令用于删除非重叠部分，以及从公共部分创建复合实体。

默认情况下，三维实体记录其原始形状的历史记录。该历史记录允许用户查阅组成复合实体的原始形状。曲面对象不保留历史记录。有关详细信息，请参见 3.8 节显示复合实体的原始形状”。

除以相同对象类型创建复合对象外，也可以混合对象类型，如用曲面和实体来创建复合对象。

混合交集：通过交集来合并实体和曲面可生成曲面。

混合差集：从曲面减去三维实体会生成曲面。但是，无法从三维实体对象中减去曲面。

混合并集：无法在三维实体和曲面对象之间创建并集。

如果选择集包含可进行复合的对象，同时又包含不可进行复合的对象，则将忽略不可进行复合的对象。例如，在使用“subtract”命令时，如果首先选择要修改的实体对象，然后同时选择要减去的实体和曲面，则将仅减去实体对象。

如果混合对象的选择集包含面域，则将忽略面域。

3.7.2 并集

并集命令“union”通过“加”操作来合并选定的三维实体、曲面或二维面域。可以将两个或多个三维实体、曲面或二维面域合并为一个组合三维实体、曲面或面域。必须选择类型相同的对象进行合并，构成一个复合实体。

命令的输入方式有：

- 命令：union ↙
- 工具栏：建模→并集；实体编辑→并集
- 下拉菜单：修改(M)→实体编辑(N)→并集(U)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→并集；三维建模工作空间→“实体”选项卡→“布尔值”面板→并集

命令输入后，命令行提示：

选择对象：*选择要进行合并的对象*

……

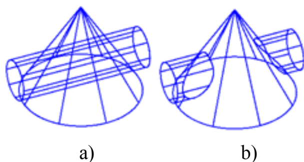
选择对象：↙

要进行合并的对象可以是位于任意多个不同平面中的对象。各对象可以互相重叠、邻接或不相邻。若参与求并的实体不邻接，此时产生的新的三维实体将由多个互相分离的子实体组成，虽然新实体看上去不成一体，但是它确实是一个整体，当用户点取其中任何一个子实体时，所有的子实体均同时被选中。

对于混合对象类型，将选择集分成分别合并的子集。实体被分组于第一个子集中。第一个选定面域和所有后续共面面域被分组于第二个子集中，以此类推。

得到的复合实体包括所有选定实体所封闭的空间。得到的复合面域包括子集中所有面域所封闭的面积。

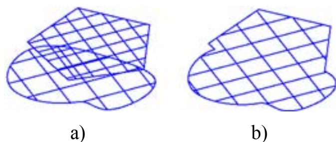
图 3-48 说明了对两个实体对象进行合并操作的结果；图 3-49 说明了对两个曲面进行合并操作的结果。



a)　　b)

图 3-48　两实体合并

a) 合并前　b) 合并后



a)　　b)

图 3-49　两曲面合并

a) 合并前　b) 合并后

3.7.3 差集

差集命令“subtract”可以从一组实体、曲面或面域中减去另外的实体、曲面或面域，从而形成一组新的实体、曲面或面域。

命令输入方式有：

- 命令：subtract ↙
- 工具栏：建模→差集；实体编辑→差集

- 下拉菜单：修改(M)→实体编辑(N)→差集(S)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→差集；三维建模工作空间→“实体”选项卡→“布尔值”面板→差集

命令输入后提示：

选择要从中减去的实体、曲面或面域...
选择对象：*选择被减的源对象*
… …
选择对象：↙
选择要减去的实体、曲面或面域...
选择对象:*选择要减去的对象*
… …
选择对象：↙

可以选择两个或多个对象作为源对象，可以选择一个或多个对象从源对象中减去。

执行减操作的两个面域必须位于同一平面上。但是，通过在不同的平面上选择面域集，可同时执行多个“subtract”操作。程序会在每个平面上分别生成减去的面域。如果没有其他选定的共面面域，则该面域将被拒绝。

图 3-50 说明了从长方体中减去两个圆柱体的结果。图 3-51 说明了从曲面减去长方体的结果。

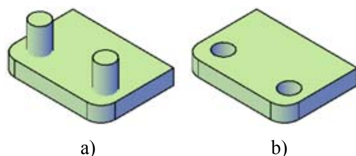

a)　　b)

图 3-50　实体减去实体

a) 减去前　b) 减去后

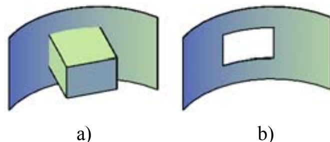

a)　　b)

图 3-51　曲面减去实体

a) 减去前　b) 减去后

3.7.4 交集

交集命令“intersect”可以将两个或两个以上的实体、曲面或面域的共有部分形成一个新的实体、曲面或面域。巧妙地使用“intersect”命令，可以高效地创建复杂的模型，如图 3-52 所示。

命令输入方式有：

- 命令：intersect ↙
- 工具栏：建模→交集；实体编辑→交集
- 下拉菜单：修改(M)→实体编辑(N)→交集(I)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→交集；三维建模工作空间→“实体”选项卡→“布尔值”面板→交集

命令输入后提示：

选择对象：*（选择求交的对象）*
… …

选择对象：↙

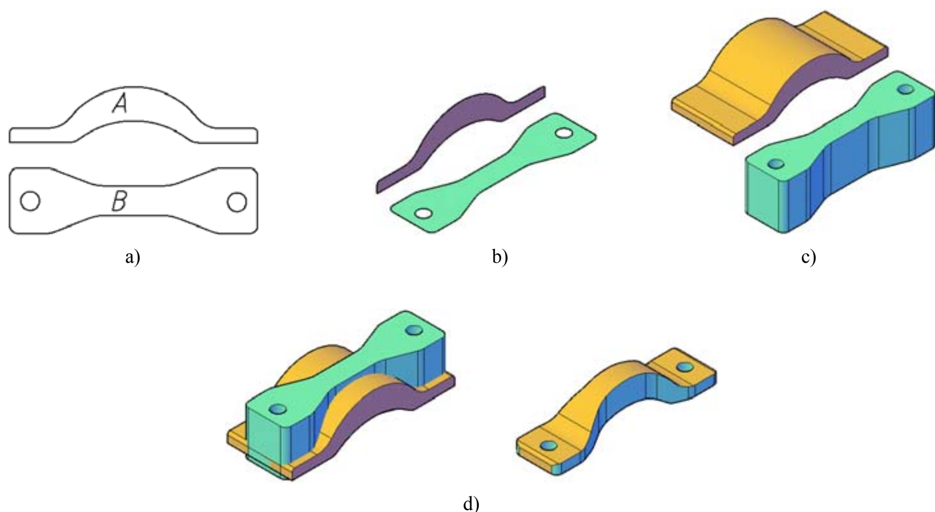


图 3-52 利用“intersect”命令创建复杂的模型

a) 画二维图 b) 创建面域并把图 a 旋转 90° c) 拉伸成实体 d) 重叠在一起 e) 求交集

选择集可包含位于任意多个不同平面中的面域、实体和曲面。“intersect”命令将选择集分成多个子集，并在每个子集中测试交集。第一个子集包含选择集中的所有实体和曲面。第二个子集包含第一个选定的面域和所有后续共面的面域。第三个子集包含下一个与第一个面域不共面的面域和所有后续共面面域，如此直到所有的面域分属各个子集为止。

图 3-53 说明了对圆筒和曲面进行求交操作的结果。图 3-54 说明了对两个面域进行求交操作的结果。

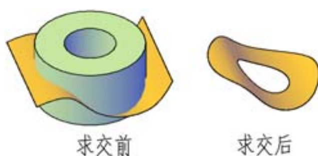


图 3-53 实体与实体求交

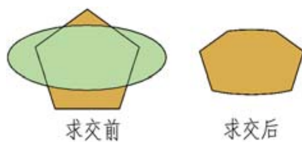


图 3-54 面域与面域求交

3.8 显示复合实体的原始形状

3.8.1 保留历史记录及显示历史记录

经过并集、差集、交集创建复合对象后，三维复合对象可以保留历史记录，即以线框图形式显示其原始部件的形状，如图 3-55 所示。如果将光标移动到复合三维对象上，将亮显原始部件的完整线框图。保留历史记录，可通过修改原始部件的形状，进而修改复合三维对象的整体形状。

保留历史记录由系统变量“SOLIDHIST”控制，显示历史记录由系统变量“SHOWHIST”

控制。表 3-5 是系统变量“SOLIDHIST”的取值，其默认值是 1，即在默认情况下，保留复合实体原始部件的历史记录。表 3-6 是系统变量“SHOWHIST”的取值，其默认值是 0，即在默认情况下，不显示历史记录。

表 3-5　系统变量“SOLIDHIST”的取值

0	将所有实体的“历史记录”特性设置为“无”。不保留历史记录
1	将所有实体的“历史记录”特性设置为“记录”。所有实体保留其原始对象的历史记录

表 3-6　系统变量“SHOWHIST”的取值

0	将所有实体的“显示历史记录”特性设置为“否”（只读）。替代实体的各个“显示历史记录”特性设置。用户无法查看用于创建实体的原始对象
1	不替代实体的各个“显示历史记录”特性设置
2	通过替代实体的各个“显示历史记录”特性设置，显示所有实体的历史记录。用户可以查看用于创建实体的原始对象

是否保留历史记录或显示历史记录，可在对三维对象执行复合操作命令前，从命令行输入系统变量改变其值。

图 3-55a 是从长方体减去圆柱体后的复合实体。如果保留了历史记录，且显示历史记录，显示效果图 3-55b 所示，图 3-55c 是光标移动到复合实体上的效果，图 3-55d 是选中复合实体的效果。

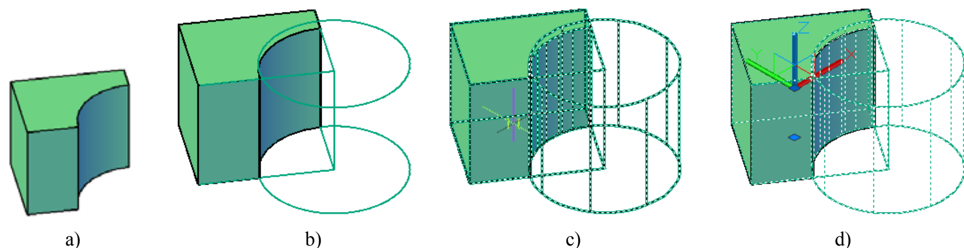


图 3-55　保留历史记录的效果

a) 复合实体　b) 保留且显示历史记录　c) 光标移动到复合实体上　d) 选中复合实体

是否保留历史记录或显示历史记录，更方便的方法是在“特性”选项板中设置。其步骤是：

实体历史记录	
历史记录	记录
显示历史记录	否

图 3-56　“特性”选项板中的“实体历史记录”一栏

1）在对实体执行复合命令之前，打开“特性”选项板，选中三维对象，“特性”选项板中会出现“实体历史记录”栏，如图 3-56 所示。

2）鼠标左键单击“历史记录”的右格，从下拉列表中选择“记录”或“无”。若选择“记录”，系统保留复合实体原始部件的历史记录。

3）鼠标左键单击“显示历史记录”的右格，从下拉列表中选择“是”或“否”。若选择“是”，将显示原始部件的历史记录。

如果在对实体执行复合命令之后执行上述步骤，则将对是否保留历史记录或是否显示历史记录进行修改。

3.8.2 删除选定复合对象的历史记录

删除选定复合对象的历史记录的方法有两种：

方法一，在“特性”选项板的“实体历史记录”栏将“历史记录”设置更改为“无”。

方法二，用“brep”命令从复合实体或三维实体图元中删除历史记录。命令输入方式：

- 命令：brep ↙

命令输入后提示：

选择三维实体：*选择三维实体*

……

选择三维实体：↙

完成选择后按〈Enter〉键将删除选定实体的历史记录。实体不再保留创建实体的原始部件的历史记录。

如果对实体图元使用“brep”命令，实体图元将不再是真实图元，选中此时的实体图元将不再显示控制其大小的夹点，因而无法通过拉伸其夹点或使用“特性”选项板时对其进行更改大小的操作。

删除历史记录后，将无法再选择和修改实体已删除的原始部件。

处理多次复合的复杂实体时，逐步删除复合实体历史记录非常有用。其过程是：创建初始复合形状后，将“历史记录”设置为“无”，删除其历史记录。以此初始复合实体为部件，再将其“历史记录”重置为“记录”，与其他部件或图元复合。如此循环，可以创建多次复合的复杂实体对象。

3.8.3 修改复合实体

对于保留了历史记录且显示历史记录的复合三维对象，可以使用历史记录对原始部件修改进而修改复合对象。方法是按住〈Ctrl〉键，光标移动到原始部件上单击，并集、差集或交集操作过程中删除的原始部件将被选中，原始部件的形状上将显示夹点。此时，可使用移动（“move”、“3dmove”）、旋转（“rotate”、“3drotate”）、缩放（“scale”）或删除（“erase”）命令修改原始部件。如果单击夹点，并移动鼠标，对子对象部件形状和大小动态进行调整，调整到合适的大小后单击鼠标，子对象部件改变，从而使复合对象得到修改，如图 3-57 所示。

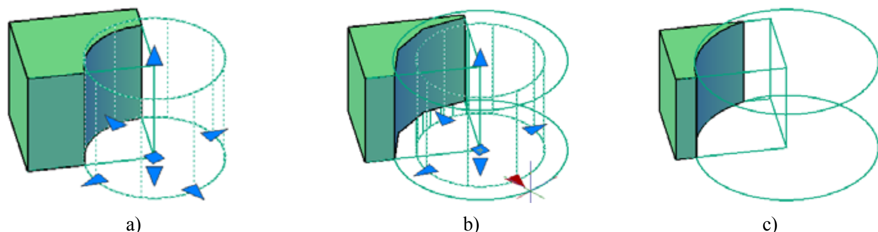
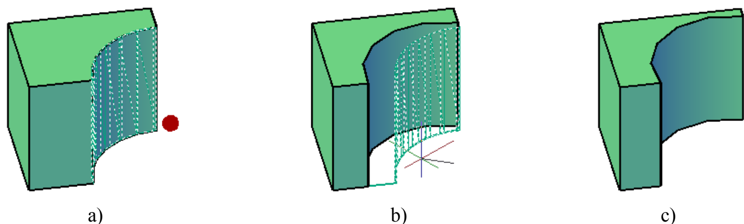


图 3-57　使用历史记录的子对象部件上的夹点修改对象

a) 按住〈Ctrl〉键选择子对象部件　b) 单击夹点且移动鼠标　c) 子对象部件改变后的复合对象

如果复合三维对象不包含历史记录，按住〈Ctrl〉键，光标选择原始部件因复合而产生

的面，则可以移动、旋转、缩放或删除选定的单个原始部件，如图 3-58 所示。更详细的说明参看 7.3 节和 7.4 节。



a)　　b)　　c)

图 3-58　移动不包含历史记录的圆柱面

a) 选中圆柱面　b) 使用移动命令 move　c) 移动完成

3.9　通过剖切创建三维实体或曲面

可以通过命令剖切“slice”来拆分现有对象，从而创建新的三维实体或曲面。在使用“slice”命令剖切三维实体或曲面时，可以通过多种方法定义剖切面，被切开的实体保留原实体的颜色和图层特性。命令输入方式：

- 命令：slice ↙
- 下拉菜单：修改(M)→三维操作(3)→剖切(S)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→剖切；三维建模工作空间→“实体”选项卡→“实体编辑”面板→剖切

命令输入后提示：

选择要剖切的对象：*选择要切开的实体或曲面*

……

选择要剖切的对象：↙

接下来是确定剖切平面的主提示：

指定切面的起点或[平面对象(O)/曲面(S)/Z 轴(Z)/视图(V)/XY(XY)/YZ(YZ)/ZX(ZX)/三点(3)]<三点>：*输入一点 或 直接回车输入三点确定剖切平面 或 输入一个选项的关键字后回车*

1．指定切面的起点

对主提示输入一点为首选项，其作用是设置用于定义剖切平面的角度的两个点中的第一点。剖切平面与当前 UCS 的 XY 平面垂直。接下来提示：

指定平面上的第二个点：*输入另一点（与前一点的 x、y 坐标不能同时相同）*

在所需的侧面上指定点或[保留两个侧面(B)]<保留两个侧面>：*在剖切后要保留的一侧输入一点 或 直接回车或输入“B”回车两侧同时保留*

实体被剖切后，可以保留切开后的一侧的实体，也可以两侧都保留。“保留两侧”就是把单个实体剖切为两块从而在剖切平面的两边各创建一个实体。

2．平面对象（O）

对主提示输入“O”回车，将使一个二维对象所在的平面作为剖切平面。这些二维对象包括圆、椭圆、圆弧、椭圆弧、二维样条曲线、二维多段线或三维多段线。接下来提示：

选择用于定义剖切平面的圆、椭圆、圆弧、二维样条线或二维多段线：*选择一个二维对象*

接下来回答“在所需的侧面上指定点或[保留两个侧面(B)]<保留两个侧面>：”后命令结束。

3．曲面（S）

对主提示输入“S”回车，将使一个曲面作为剖切面，如图 3-59 所示。接下来提示：

选择曲面：*选择作为剖切面的曲面*

接下来回答剖切结束保留哪一侧的实体后命令结束。

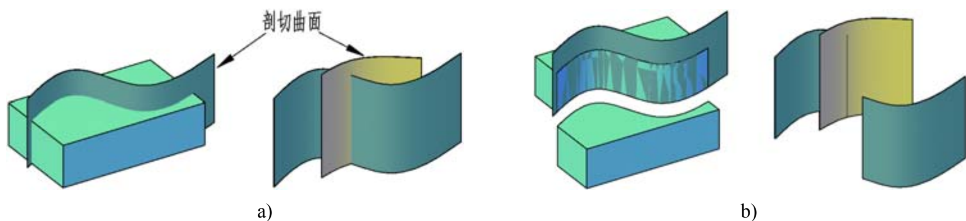


图 3-59　将曲面作为剖切面

a) 未剖切　b) 剖切后且移动前面部分

4．Z 轴（Z）

对主提示输入“Z”回车，将使剖切平面由一个点和剖切平面的垂直方向（即剖切平面的 Z 轴方向——也叫法线方向）确定。接下来提示：

指定剖面上的点：*输入剖切平面要通过的点*

指定平面 Z 轴 (法向) 上的点：*输入剖切平面的 Z 轴（法向）上的一点*

接下来回答剖切结束保留那个侧面的实体后命令结束。

如图 3-60 所示，A 是剖切面要通过的点，E 是剖切平面▱ABCDA 的 Z 轴（法向）上的一点，AE 垂直于剖切平面▱ABCDA。

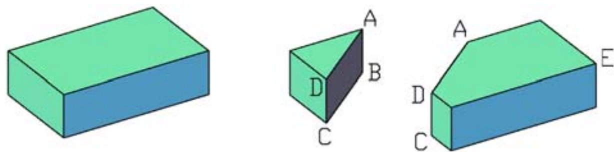


图 3-60　剖切平面由一个点和剖切平面的垂直方向确定

5．视图（V）

对主提示输入“V”回车，将使用以通过一个指定的点，且与当前视口平行的平面作为剖切平面。接下来提示：

指定当前视图平面上的点<0，0，0>：*输入剖切平面要通过的点*

接下来回答剖切结束保留哪一侧的实体后命令结束。

6．XY(XY)、YZ(YZ)、ZX(ZX)

对主提示输入“XY”（或“YZ”或“ZX”）回车，将使用通过一个指定的点，且与当前 UCS 的“XY”平面（“YZ”平面/“ZX”平面）平行的平面作为剖切平面。接下来提示：

指定 XY（YZ / ZX）平面上的点 <0，0，0>：*输入剖切平面要通过的点*

接下来回答剖切结束保留哪一侧的实体后命令结束。

7．三点(3)

对主提示输入“3”回车或直接回车将由 3 个点确定剖切面（注意三点不可共线）。接下来提示：

指定平面上的第一个点：*输入剖切平面上的第一个点*

指定平面上的第二个点：*输入剖切平面上的第二个点*

指定平面上的第三个点：*输入剖切平面上的第三个点*

接下来回答剖切结束保留哪一侧的实体后命令结束。

3.10　检查三维模型的干涉

interfere 命令可用来检查一些实体或曲面与另外一些实体或曲面是否存在干涉，即是否存在相交或重叠部分。检查干涉的方法是：

选择一组实体或曲面，检查在各个实体或曲面之间是否存在干涉。

选择两组实体或曲面，检查在第一组整体和第二组整体之间是否存在干涉。

分别指定嵌套在块或外部参照中的实体：分别选择嵌套在块和外部参照中的三维实体或曲面，并将其与选择集中的其他对象相比较。

在干涉检查时，可创建临时实体或曲面对象，并亮显模型相交的部分。如果选择集包含三维实体和曲面，则结果干涉对象可为曲面。

无法检查网格对象的干涉。但是，如果选择网格对象，可以选择将其转换为实体或曲面对象，然后继续执行操作。

命令的输入方式：

- 命令：interfere ↙
- 下拉菜单：修改(M)→三维操作(3)→干涉检查(I)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→干涉；三维建模工作空间→“实体”选项卡→“实体编辑”面板→干涉

命令输入后主提示为：

选择第一组对象或[嵌套选择(N)/设置(S)]：*选择第一组对象 或 输入 “N”、“S”之一回车*

1．选择第一组对象

（1）一组实体或曲面

如果打算在一组实体或曲面中检查在各实体或曲面之间是否存在干涉，对主提示选择第一组对象，接下来提示：

选择第一组对象或[嵌套选择(N)/设置(S)]：*继续选择第一组中的其他对象*

……

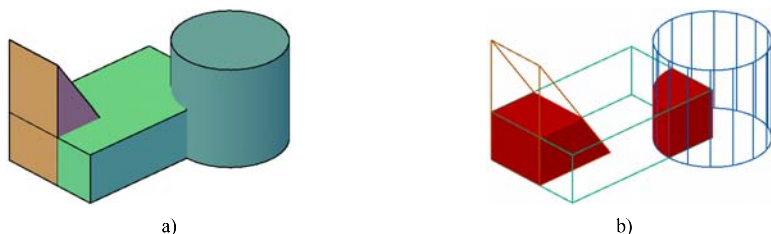
选择第一组对象或[嵌套选择(N)/设置(S)]：↙

选择第二组对象或[嵌套选择(N)/检查第一组(K)]<检查>：*直接回车或输入 “K” 回车*



注意　对提示“选择第二组对象或[嵌套选择(N)/检查第一组(K)]<检查>：”的回答是直接回车或输入“K”回车。接下来开始检查各实体或曲面之间是否存在干涉。如果不存在干涉，命令行提示“对象未干涉”；如果存在干涉，则在实

体或曲面中显示相互干涉的部分，同时打开“干涉检查”对话框。图 3-61 是把三个实体作为一组对象检查是否存在干涉的结果。图 3-62 是“干涉检查”对话框。



a)　　b)

图 3-61　在一组实体或曲面中检查是否存在干涉

a) 检查前　b) 检查后

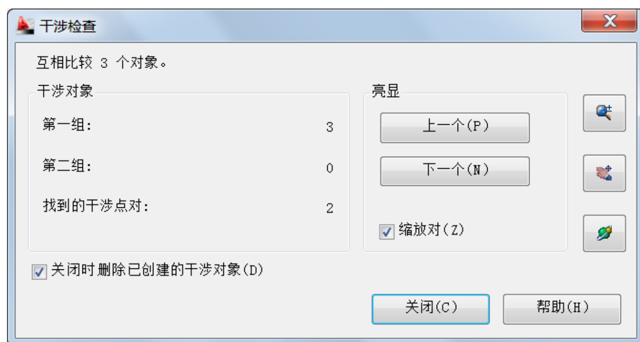


图 3-62　“干涉检查”对话框

（2）“干涉检查”对话框

在“干涉检查”对话框中可以循环亮显、缩放、平移、动态观察、删除或保留干涉对象。具体说明如下：

1）“干涉对象”栏：显示执行 interfere 命令时，在每组之间找到的干涉数目。

第一组：显示第一组中选定的对象数目。

第二组：显示第二组中选定的对象数目。

找到的干涉点对：显示选定对象中找到的干涉数目。

2）“亮显”栏：使用“上一个”和“下一个”按钮在对象中循环时，亮显干涉对象。

“上一个(P)”按钮：单击该按钮，亮显上一个干涉对象。

“下一个(N)”按钮：单击该按钮，亮显下一个干涉对象。

“缩放对(Z)”复选框：选中该复选框，单击“上一个”和“下一个”按钮时缩放干涉对象。

3）“缩放”按钮：单击该按钮，关闭对话框并启动“zoom”命令的实时缩放。

4）“平移”按钮：单击该按钮，关闭对话框并启动“pan”命令。

5）“三维动态观察”按钮：单击该按钮，关闭对话框并启动“3dorbit”命令。

在使用上述三个按钮时，要返回对话框，按〈Esc〉键，或单击鼠标右键，从右键菜单中选择“退出(X)”

6）“关闭时删除已创建的干涉对象(D)”复选框：一旦开始检查，则自动把相交或重叠部分创建为单独的对象——干涉对象。若选中该复选框，在关闭对话框时删除干涉对象。

7）“关闭”按钮：单击该按钮，关闭对话框。

（3）两组实体或曲面

如果打算在两组实体或曲面中检查在各实体或曲面之间是否存在干涉，前面的操作与在一组实体或曲面中检查是否存在干涉一样，但对提示“选择第二组对象或[嵌套选择(N)/检查第一组(K)]<检查>：”的回答是选择另外一组对象，第二组对象选择结束后直接回车或输入“K”回车，开始检查干涉。操作过程是：

对主提示选择第一组对象，接下来提示：

选择第一组对象或[嵌套选择(N)/设置(S)]: *继续选择第一组中的其他对象*

……

选择第一组对象或[嵌套选择(N)/设置(S)]: ↙

选择第二组对象或[嵌套选择(N)/检查第一组(K)]<检查>: *选择第二组中的对象*

……

选择第二组对象或[嵌套选择(N)/检查第一组(K)]<检查>: *直接回车或输入“K”回车*

接下来开始检查各实体或曲面之间是否存在干涉。如果不存在干涉，命令行提示“对象未干涉”；如果存在干涉，则在实体或曲面中显示相互干涉部分，同时打开“干涉检查”对话框。图 3-63 是把图 3-61a 的前两个实体作为第一组对象，把圆柱作为第二组对象进行干涉检查所得的结果。

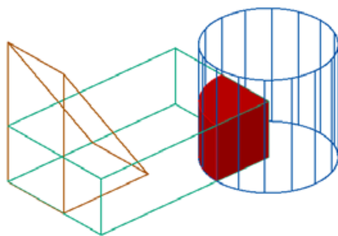


图 3-63　在两组实体之间检查是否存在干涉

如果在两组对象中包含同一个对象，将认为这个对象是第一组的对象，而从第二组中被忽略掉。

2．嵌套选择(N)

对主提示输入“N”回车，将使用户可以选择嵌套在块或外部参照中的单个实体对象。接下来提示：

选择嵌套对象或[退出(X)] <退出(X)>: *选择嵌套在块或外部参照中的实体对象*

……

选择嵌套对象或[退出(X)] <退出(X)>: ↙

选择第一组对象或[嵌套选择(N)/设置(S)]:

接下来与前面的在一组或两组实体或曲面中检查是否存在干涉一样。

3．设置(S)

对主提示输入“S”回车，将打开“干涉设置”对话框，如图 3-64 所示。

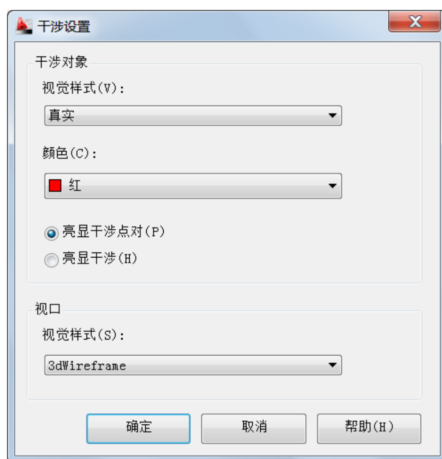


图 3-64 “干涉设置”对话框

1)“干涉对象”栏

指定干涉对象的视觉样式和颜色。

“视觉样式(V)”下拉列表：单击该下拉列表，为干涉对象选择视觉样式。

“颜色(C)”下拉列表：单击该下拉列表，为干涉对象选择颜色。

“亮显干涉点对(P)”单选按钮：选中该按钮，亮显实体的干涉点对。

“亮显干涉(H)”单选按钮：亮显从干涉对中创建的干涉对象。

2)“视口”栏

指定检查干涉时的视口显示。

“视觉样式(S)”下拉列表：单击该下拉列表，为视口指定检查干涉时的视觉样式。

第 4 章　曲　　面

在实际应用中，一些工程的设计也许通过曲面建模更合适。本章讨论曲面的相关概念和更多的曲面创建方法。

4.1　曲面概述

1．曲面分类

AutoCAD 提供了三种类型的曲面，即程序曲面、NURBS 曲面和网格面。关于网格面将在第 5 章讨论。

程序曲面一般是 AutoCAD 2010 及以前版本论及的曲面。程序曲面有关联曲面和非关联曲面之分。关联曲面即曲面保持与创建曲面的其他对象（如原曲线、曲面）之间的关系，并把他们作为一个组进行处理。相关联的曲面会根据对其他相关对象所做的更改自动进行调整。

NURBS 曲面是 AutoCAD 2011 版增加的又一种曲面（更详细的介绍参看 4.3 节）。NURBS 曲面不是关联曲面。此类曲面具有控制点，使用户可以通过一种更自然的方式使用其进行造型。

使用程序曲面可利用关联建模功能，而使用 NURBS 曲面可通过控制点来实现其造型功能。

2．曲面创建方法

可以使用下列方法创建程序曲面和 NURBS 曲面。

1）基于轮廓创建曲面：可使用在第 3 章已经讨论过的命令：拉伸命令“extrude”、扫掠命令“sweep”、放样命令“loft”、旋转命令“revolve”，还可使用平面曲面命令“planesurf”和网络曲面命令 surfnetwork 基于由直线和曲线组成的轮廓形状来创建曲面。

2）基于其他曲面创建曲面：对曲面进行过渡、修补、延伸、圆角和偏移操作，以创建新曲面（曲面过渡命令“surfblend”、曲面修补命令“surfpatch”、曲面延伸命令“surfextend”、曲面圆角命令“surffillet”和曲面偏移命令“surfoffset”）。

3）将对象转换为程序曲面：将现有实体（包括复合对象）、曲面和网格转换为程序曲面（转换为曲面命令“convtosurface”）。

4）将程序曲面转换为 NURBS 曲面：无法将某些对象（例如网格对象）直接转换为 NURBS 曲面。在这种情况下，可将对象先转换为程序曲面，然后再将其转换为 NURBS 曲面（转换为 NURBS 曲面命令“convtonurbs”）。

3．曲面的连续性和凸度幅值

曲面连续性和凸度幅值是创建曲面时的常用特性。创建新曲面时，可以使用特殊夹点指定连续性和凸度幅值。

（1）连续性

连续性是衡量两条曲线或两个曲面交汇时平滑程度的指标。如果需要将曲面输出到其他

应用程序，连续性的类型可能很重要。

连续性由 G0（定位）、G1（相切）和 G2（曲率）测量。

G0（定位）：仅具有位置连续性（G0）。各个曲面的边共线（位置合并），曲面在边曲线处是位置连续的，但相切和曲率不匹配。注意，两个曲面能够以任意角度相交并且仍具有位置连续性。

G1（相切）：具有曲面之间的定位和相切匹配（G0 ＋ G1）。对于相切连续的曲面，各端点切向在公共边一致。两个曲面看上去在合并处沿相同方向延续，但他们显示的“速度”（方向变化率，也称为曲率）可能大不相同。

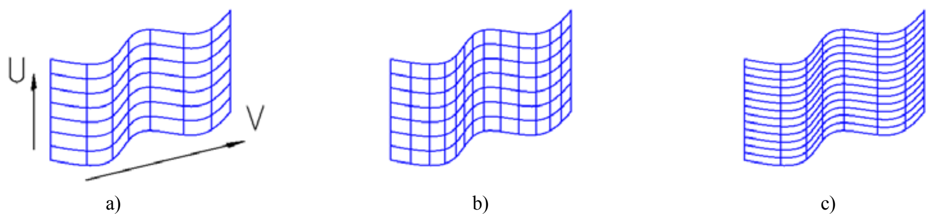
G2（曲率）：曲面之间的定位、相切和曲率匹配（G0 + G1 + G2）。两个曲面具有相同的曲率。

（2）凸度幅值

凸度幅值是测量曲面与另一曲面汇合时的弯曲或“凸出”程度的一个指标，仅适用于具有 G1 或 G2 连续性的曲面。幅值应为正值，其中 0 表示平坦，值越大弯曲程度越大。

4. 曲面的 U、V 方向

在三维线框视觉样式时，曲面以 U、V 两个方向的曲线（称为曲面素线）显示，如图 4-1a 所示。系统变量“SURFU”和“SURFV”分别控制曲面上 U、V 两个方向的素线密度。“SURFU”是曲面对象上的 U 素线行数，“SURFV”是曲面对象上的 V 素线行数，他们的初始值为 6，有效值都是介于 0～200 之间的。图 4-1 是“SURFU”和“SURFV”取不同值的效果。



a) b) c)

图 4-1 “SURFU”和“SURFV”取不同值的效果

a) SURFU=6，SURFV=6　b) SURFU=6，SURFV=12　c) SURFU=12，SURFV=6

若要改变系统变量“SURFU”和“SURFV”的值，一种方法是在命令行输入“SURFU”（SURFV），对“输入‘SURFU（SURFV）’的新值 <当前值>：”提示输入新值回车；另一种方法是使用命令“options”打开“选项”对话框，在“三维建模”选项卡的“三维对象”栏的“曲面上的素线数”下，在“U 方向(U)”和“V 方向(V)”文本框输入新值，然后单击对话框的“确定”按钮。改变“SURFU”和“SURFV”的值，不会影响已经绘出的曲面的 U、V 素线数。

4.2 创建程序曲面

创建程序曲面有多种方法，前面介绍的创建曲面的方法都属于创建程序曲面。本节还将介绍创建平面曲面和网络曲面的方法，以及基于现有曲面创建程序曲面，如过渡、修补及偏移的方法。后面还将介绍如何将三维实体、网格和二维几何图形转换为程序曲面。

4.2.1 创建平面曲面

可使用“planesurf”命令创建平整的平面曲面。

命令的输入方式有：

- 命令：planesurf ↙
- 工具栏：建模→平面曲面；曲面创建→平面曲面
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→曲面(F)→平面(L)
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“创建”面板→平面

命令输入后将出现主提示：

指定第一个角点或 [对象(O)] <对象>: *输入一点 或 直接回车或输入“O”回车*

1. 指定第一个角点

该选项的作用是要求指定矩形的两个对角点，创建平行于工作平面的平面曲面。接下来提示：

指定其他角点: *输入另一角点*

输入另一角点后即创建一个矩形平面曲面，如图4-2所示。

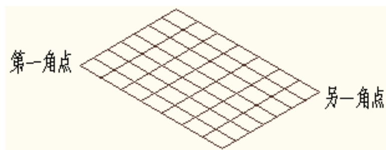


图 4-2　指定两个对角点创建平面曲面

2. 对象(O)

对主提示直接回车或输入“O”回车，将从构成封闭区域的一个闭合对象或多个对象，创建平面曲面。有效对象包括：直线、圆、圆弧、椭圆、椭圆弧、二维多段线、平面三维多段线和平面样条曲线。接下来提示：

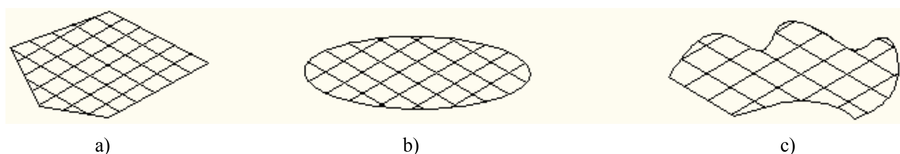
选择对象: *选择要转换为平面曲面的对象*

……

选择对象: ↙

如果选择的对象中有一个或多个对该命令无效，将提示不能转换对象。

图 4-3a 至图 4-3c 分别是由直线构成的封闭区域、椭圆、由直线和样条曲线及圆弧共同构成的封闭区域用“planesurf”命令的“对象(O)”选项转换成的平面曲面。



a)　　b)　　c)

图 4-3　对象转换为平面曲面

a) 由直线区域转换为平面曲面　b) 椭圆转换为平面曲面　c) 由多种曲线所围区域转换为平面曲面

4.2.2 创建网络曲面

使用“surfnetwork”命令，可以在曲面边子对象或实体边子对象、样条曲线和其他二维和三维曲线之间的空间中创建非平面网络曲面。网络曲面与放样曲面的相似之处在于，他们都在U和V方向几条曲线之间的空间中创建。创建曲面时，可指定曲面边的切点和凸度幅值。

命令的输入方式：

- 命令：surfnetwork ↙
- 工具栏：曲面创建→网络
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→曲面 (F)→网络(N)

● 功能区：三维建模工作空间→“曲面”标签→“创建”面板→网络

命令输入后提示：

沿第一个方向选择曲线或曲面边：*沿 U（或 V）方向选择开放的网络线（开放的曲线、曲面的开放边、实体的开放边或面域的开放边）*

……

沿第一个方向选择曲线或曲面边：↙

沿第二个方向选择曲线或曲面边：*沿 V（或 U）方向选择开放的网络线（曲线、曲面的开放边、实体的开放边或面域的开放边）*

……

沿第二个方向选择曲线或曲面边：↙

图 4-4 是由曲线创建的网络曲面，图 4-5 是开放的曲线、曲面的开放边与实体的开放边创建的网络面。

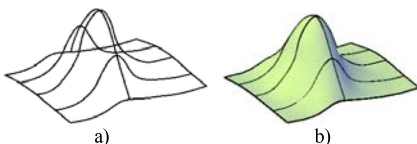


图 4-4　由曲线创建的网络曲面

a) 曲线　b) 创建的网络曲面

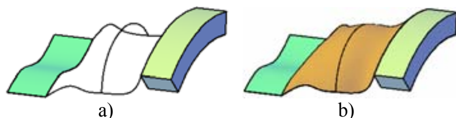


图 4-5　由曲线、曲面边与实体边创建网络曲面

a) 曲线、曲面边与实体　b) 创建的网络曲面

如果“SURFACEASSOCIATIVITY”系统变量设定为 1，曲面将依赖于它创建时所用的曲线或边，或者说曲面与其创建曲线或边相关联。如果“SURFACEASSOCIATIVITY”系统变量设定为 0，曲面与其创建曲线或边相互独立。

4.2.3 对曲面进行过渡操作

使用“surfblend”命令，可以在两个现有曲面之间创建过渡曲面。对各曲面过渡以形成一个曲面时，可指定起始边和结束边的曲面连续性和凸度幅值。

命令的输入方式有：

命令：surfblend ↙

工具栏：曲面创建→过渡

下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→曲面 (F)→过渡(B)

功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“创建”面板→过渡

命令输入后提示：

连续性 =<当前值>，凸度幅值 =<当前值>

选择要过渡的第一个曲面的边：*选择曲面或面域的边子对象（而不是曲面本身）*

……

选择要过渡的第一个曲面的边：↙

选择要过渡的第二个曲面的边：*选择曲面或面域的边子对象（而不是曲面本身）*

……

选择要过渡的第二个曲面的边：↙

接下来是主提示：

按〈Enter〉键接受过渡曲面或 [连续性(CON)/凸度幅值(B)]：直接回车 或 输入“CON”回车 或 输入“B”回车

1．按〈Enter〉键接受过渡曲面

如果直接回车，将按默认的连续性和凸度幅值创建过渡曲面，命令结束。

2．连续性(CON)

如果对主提示输入“CON”回车，将设置过渡曲面与原曲面之间的彼此融合平滑程度。接下来提示：

第一条边的连续性 [G0(G0)/G1(G1)/G2(G2)] <当前值>: *直接回车默认当前连续性 或 输入“G0”、“G1”或“G2”之一回车*

第二条边的连续性 [G0(G0)/G1(G1)/G2(G2)] <当前值>: *直接回车默认当前连续性 或 输入“G0”、“G1”或“G2”之一回车*

连续性也可通过在创建过渡曲面的过程中出现在曲面旁的夹点进行设置，方法是单击三角形夹点，从出现的菜单中选择，如图 4-6b 所示。

接下来回到主提示。

3．凸度幅值(B)

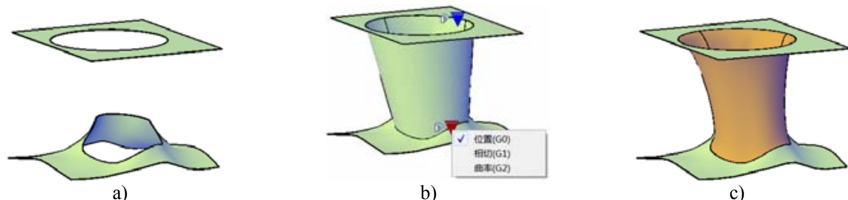
如果对主提示输入“B”回车，是设置过渡曲面与原曲面汇合时的弯曲或“凸出”程度。接下来提示：

第一条边的凸度幅值 <当前值>: *直接回车默认当前值 或 输入凸度幅值*

第二条边的凸度幅值 <当前值>: *直接回车默认当前值 或 输入凸度幅值*

接下来回到主提示。

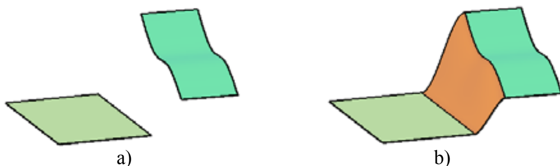
图 4-6 是选择两个曲面的闭合边（下面的闭合边要选多次）创建的过渡曲面，图 4-7 是选择两曲面的开放边创建的过渡曲面。



a)　　b)　　c)

图 4-6　选择两曲面的闭合边创建过渡曲面

a) 两个曲面　b) 出现菜单　c) 创建的过渡曲面



a)　　b)

图 4-7　选择两曲面的开放边创建过渡曲面

a) 两个曲面　b) 创建的过渡曲面

将“SURFACEASSOCIATIVITY”设定为 1，过渡曲面和原始曲线相关联。

4.2.4 修补曲面

使用“surfpatch”命令可以通过曲面的一条闭合边创建修补闭合曲面，也可在一条闭合

曲线（例如闭合样条曲线）内创建曲面。还可以在闭合边或闭合曲线内绘制导向曲线，来约束修补曲面的形状。修补曲面时，可指定连续性和凸度幅值。

命令的输入方式：

- 命令：surfpatch ↙
- 工具栏：曲面创建→修补
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→曲面 (F)→修补(P)
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“创建”面板→修补

命令输入后提示：

连续性 =<当前值>，凸度幅值 =<当前值>

选择要修补的曲面边或 <选择曲线>: *选择曲面的边 或 直接回车*

……

选择要修补的曲面边或 <选择曲线>: ↙

接下来是主提示：

按〈Enter〉键接受修补曲面或 [连续性(CON)/凸度幅值(B)/约束几何图形(CONS)]: *直接回车 或 输入“CON”回车 或 输入 “B”回车 或 输入 “CONS”回车*

如果对提示“选择要修补的曲面边或 <选择曲线>：”直接回车，提示转换为“选择要修补的曲线或 <曲面边>：”。这是提示选择闭合曲线创建修补曲面。选择结束回车将出现主提示。

一次修补曲面命令不能同时选择曲面边和闭合曲线。

主提示各选项的意义如下：

1．按〈Enter〉键接受修补曲面

如果直接回车，将按默认的连续性和凸度幅值创建修补曲面，命令结束。

2．连续性(CON)

如果对主提示输入“CON”回车，将设置修补曲面的连续性。接下来提示：

修补曲面连续性 [G0(G0)/G1(G1)/G2(G2)] <当前值>：直接回车默认当前连续性 或 输入“G0”、“G1” 或 “G2”之一回车

连续性也可通过在创建修补曲面的过程中出现在曲面旁的夹点进行设置，方法是单击三角形夹点，从出现的菜单中选择，如图 4-8b 所示。

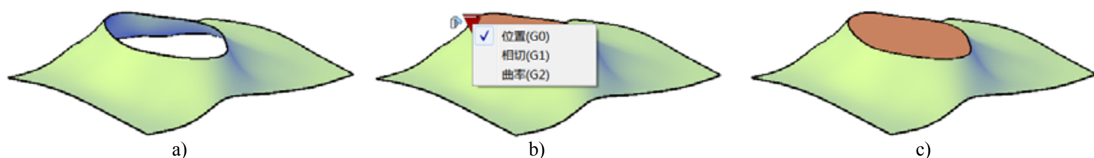


图 4-8 选择曲面的一条闭合边创建修补曲面

a) 原曲面 b) 出现菜单 c) 创建的闭合曲面

接下来回到主提示。

3．凸度幅值(B)

如果对主提示输入“B”回车，将设置修补曲面与原曲面相交处修补曲面的圆滑度。接下来提示：

修补曲面的凸度幅值 <当前值>: *直接回车默认当前值 或 输入凸度幅值*

接下来回到主提示。

4．约束几何图形(CONS)

如果对主提示输入“CONS”回车，将使用其他导向曲线以塑造修补曲面。导向曲线可以是曲线，也可以是点。接下来提示：

选择要约束修补曲面的曲线或点：*选择导向曲线可以是曲线或点*

……

选择要约束修补曲面的曲线或点:

接下来回到主提示。

图 4-8 是选择曲面的一条闭合边创建的修补曲面，图 4-9 是选择闭合的空间曲线创建的修补曲面。图 4-10 是选择曲面的一条闭合边且有导向曲线创建的修补曲面，图 4-11 是选择闭合的空间曲线且有导向曲线创建的修补曲面。

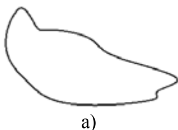
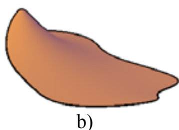

a)

b)

图 4-9　选择闭合的空间曲线创建修补曲面

a) 闭合的空间曲线　b) 创建的修补曲面

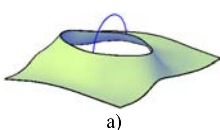
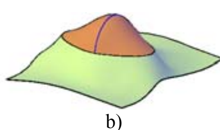

a)

b)

图 4-10　选择曲面的一条闭合边且有导向曲线创建修补曲面

a) 曲面与导向曲线　b) 创建的修补曲面

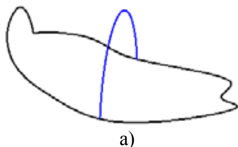
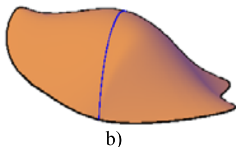

a)

b)

图 4-11　选择闭合的空间曲线且有导向曲线创建修补曲面

a) 空间曲线与导向曲线　b) 创建的修补曲面

4.2.5 对曲面进行偏移操作

使用“surfoffset”命令可以创建与原始曲面或面域相距指定距离的平行曲面或面域。可指定偏移曲面是否保持与原始曲面的关联性。还可使用数学表达式指定偏移距离。

命令的输入方式：

- 命令：surfoffset ↙。
- 工具栏：曲面创建→偏移
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→曲面 (F)→偏移(O)
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“创建”面板→偏移

命令输入后提示：

连接相邻边 = 否

选择要偏移的曲面或面域：*选择要偏移的曲面或面域*

……

选择要偏移的曲面或面域：↙

接下来是主提示：

指定偏移距离或[翻转方向(F)/两侧(B)/实体(S)/连接(C)/表达式(E)] <当前值>：*输入偏移距离回车 或 输入“F”、“B”、“S”、“C”或“E”之一回车。*

1．指定偏移距离

用于输入偏移曲面和原始曲面之间的距离，输入距离值回车后偏移操作完成。

2．翻转方向(F)

对主提示输入“F”回车，将反转曲面上的偏移方向箭头，在曲面上显示相反的箭头，如图 4-12 所示，预示将在相反方向创建偏移曲面。接下来回到主提示。

3．两侧(B)

对主提示输入“B”回车，将在曲面的两侧同时显示偏移方向箭头，预示在曲面的两侧同时创建偏移曲面，如图 4-13 所示。接下来回到主提示。

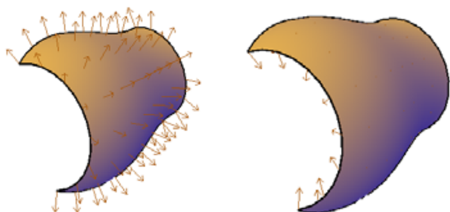


图 4-12 反转曲面上的偏移方向箭头

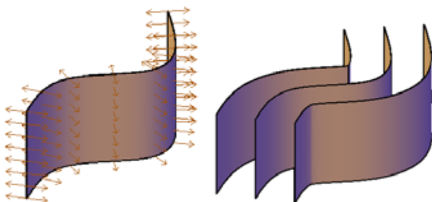


图 4-13 在曲面的两侧同时显示偏移方向箭头

4．实体(S)

对主提示输入“S”回车，将从曲面偏移创建实体，如图 4-14 所示。这与加厚命令“thicken”类似。接下来回到主提示。

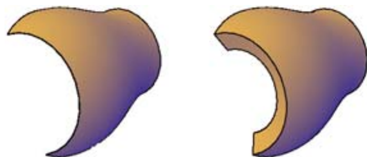


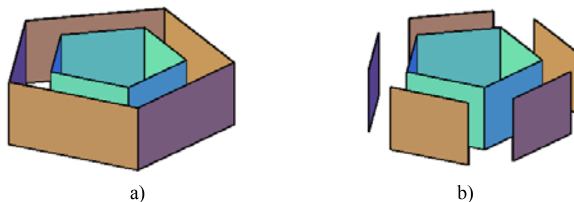
图 4-14 从曲面偏移创建实体

5．连接(C)

对主提示输入“C”回车，将确定如果原始曲面是连接的，则偏移后的曲面是否连接。图 4-15a 是保持连接的效果，图 4-15b 是不保持连接的效果。接下来提示：

保持相邻边的连接[否(N)/是(Y)] <是>：直接回车 或 输入“N”、“Y”之一回车

接下来回到主提示。



a)　　b)

图 4-15 偏移后的曲面是否连接

a) 偏移后的曲面连接　b) 偏移后的曲面不连接

6．表达式(E)

对主提示输入“E”回车，将要求输入 AutoCAD 的表达式（公式或方程式）来指定曲面偏移的距离。接下来提示：

输入表达式：*输入表达式后回车*

输入表达式后回车偏移操作完成。

4.3 创建 NURBS 曲面

NURBS 曲面以 Bezier 曲线或样条曲线为基础。因此，诸如阶数、拟合点、控制点、线宽和节点参数化等设置对于定义 NURBS 曲面或曲线很重要。图 4-16 是显示控制点的 NURBS 曲面和样条曲线。

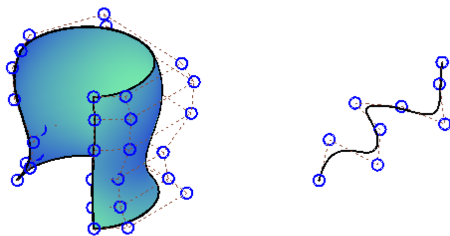


图 4-16 显示控制点的 NURBS 曲面和样条曲线

附：

1．NURBS 的定义

NURBS 是 Non-Uniform Rational B-Splines 的缩写，是非统一有理 B 样条的意思，具体解释如下。

Non-Uniform（非统一）：指一个控制顶点的影响力的范围能够改变。当创建一个不规则曲面的时候这一点非常有用。同样，统一的曲线和曲面在透视投影下也不是无变化的，对于交互的 3D 建模来说这是一个严重的缺陷。

Rational（有理）：指每个 NURBS 物体都可以用数学表达式来定义。

B-Spline（B 样条）：指用路线来构建一条曲线，在一个或更多的点之间以内插值替换的。

简单地说，NURBS 就是专门做曲面物体的一种造型方法。NURBS 造型总是由曲线和曲面来定义的，所以要在 NURBS 表面上生成一条有棱角的边是很困难的。正是因为这一特点，我们可以用它做出各种复杂的曲面造型或表现特殊的效果，如人的皮肤、面貌或流线型的跑车等。

2．贝塞尔（Bezier）曲线

贝塞尔曲线是采用矢量方法绘制的曲线。一般的矢量图形软件通过它来精确画出曲线。曲线由线段与节点组成，节点是可拖动的支点，线段像可伸缩的皮筋一样（由法国数学家 Pierre Bézier 首先研究出这种方法，并给出了详细的计算公式）。

4.3.1 创建 NURBS 曲面的方法

创建 NURBS 曲面有如下两种方法：

1．启用 NURBS 创建功能，再使用创建程序曲面的命令来创建 NURBS 曲面

系统变量“SURFACEMODELINGMODE”用于控制将曲面创建为程序曲面还是 NURBS 曲面。当该系统变量为“0”时，创建的曲面是程序曲面。当该系统变量为 1 时，使用任何曲面创建命令所创建的曲面都是 NURBS 曲面。

设置“SURFACEMODELINGMODE”值的方式有两种：

1）从命令行输入该系统变量，对提示“输入‘SURFACEMODELINGMODE’的新值<当前值>：”以 0 或 1 响应。

2）从三维建模工作空间“曲面”选项卡的“创建”面板单击按钮，使系统变量“SURFACEMODELINGMODE”在 0 和 1 之间转换。

2. 将现有程序曲面转换为 NURBS 曲面

使用 convtonurbs 命令可将实体和程序曲面转换为 NURBS 曲面。

命令的输入方式有：

- 命令：convtonurbs
- 工具栏：曲面编辑→转换为 NURBS
- 下拉菜单：修改(M)→曲面编辑(F)→转换为 NURBS (N)
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“控制点”面板→

命令输入后提示：

选择要转换为的对象：*选择程序曲面或实体对象*

……

选择要转换为的对象：↙

选择实体和程序曲面结束后回车即完成 NURBS 曲面的转换。图 4-17 是将拉伸曲面转换为 NURBS 曲面的效果，图 4-18 是将实体转换为 NURBS 曲面，每个面成为一个单独的 NURBS 曲面的效果。

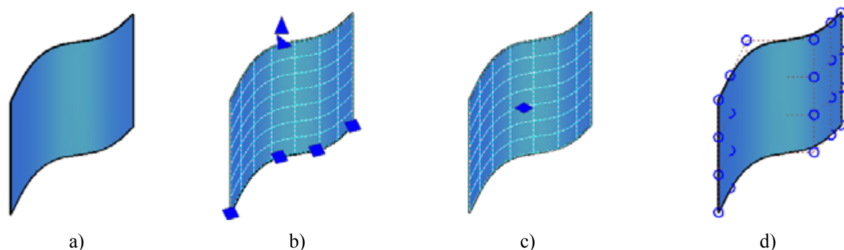


图 4-17 将拉伸曲面转换为 NURBS 曲面

a) 拉伸曲面 b) 选中拉伸曲面 c) 转换为 NURBS 曲面并选中 d) 显示 NURBS 曲面的控制点

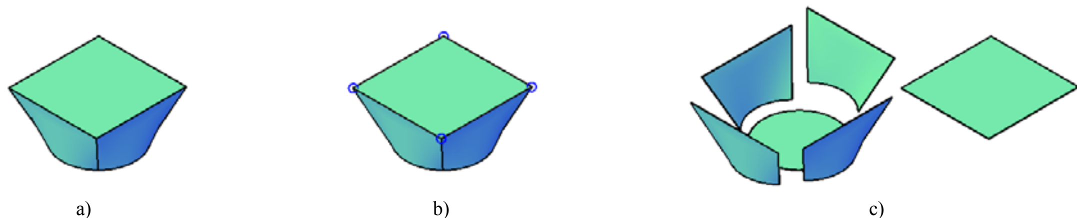


图 4-18 将实体转换为 NURBS 曲面

a) 实体 b) 转换为 NURBS 曲面并显示控制点 c) 将各 NURBS 曲面移开

3. 网格转换为 NURBS 曲面

网格不能直接转换为 NURBS 曲面，若要将网格转换为 NURBS 曲面，应该首先用网格转换为实体命令“convtosolid”或网格转换为曲面命令“convtosurface”将网格转换为实体或

曲面，然后再用“convtonurbs”命令将其转换为 NURBS 曲面。



注意　事先规划 NURBS 建模很重要，因为 NURBS 曲面无法转换回程序曲面。

4.3.2 NURBS 曲面控制点的显示和隐藏

1. NURBS 曲面控制点的显示

无论是创建还是转换得到的 NURBS 曲面，不会自动显示控制点。若要显示控制点，需要使用命令“cvshow”。非 NURBS 曲面没有控制点。

命令的输入方式有：

- 命令：cvshow ↙
- 工具栏：曲面编辑→曲面控制点-显示
- 下拉菜单：修改(M)→曲面编辑(F)→NURBS 曲面编辑(E)→显示控制点(S)
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“控制点”面板→

命令输入后提示：

选择要转换为的对象：*选择要显示其控制点的 NURBS 曲面和曲线*

……

选择要转换为的对象：↙

选择结束后回车 NURBS 曲面即可显示控制点。

2. NURBS 曲面控制点的隐藏

使用命令“cvhide”可以关闭所有 NURBS 曲面和曲线的控制点的显示。

命令的输入方式有：

- 命令：cvhide ↙
- 工具栏：曲面编辑→曲面控制点-隐藏
- 下拉菜单：修改(M)→曲面编辑(F)→NURBS 曲面编辑(E)→隐藏控制点(H)
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“控制点”面板→
- 命令一旦执行，将即刻隐藏所有 NURBS 对象的控制点。

4.3.3 使用样条曲线工具创建 NURBS 曲线

可以从许多二维对象（包括边子对象、多段线和圆弧）创建 NURBS 曲面，但样条曲线工具是唯一具有适合创建 NURBS 曲面的选项的对象。样条曲线命令“spline”可创建 NURBS 曲线。样条曲线不仅由 Bezier 弧组成，而且可以使用控制点和拟合点进行定义。拟合点位于线上，而控制点位于线外。移动拟合点可对曲线的一小部分进行更改；移动控制点将影响曲线的较大部分甚至整条曲线的形状。

“spline”命令可使用拟合点或控制点两种方法创建样条曲线，这由系统变量“SPLMETHOD 确定”。当“SPLMETHOD”为 0 时，使用拟合点创建样条曲线；当“SPLMETHOD”为 1 时，使用控制点创建样条曲线。图 4-19a 是使用拟合点创建并选中的样条曲线；图 4-19b 是使用控制点创建并选中的样条曲线。创建方法不同，命令提示的选项不同。

可从命令行输入“SPLMETHOD”，然后按提示改变其值。“SPLMETHOD”存储最近使用的样条曲线方法并设定“spline”命令的默认方法。每当 AutoCAD 启动时，

"SPLMETHOD"始终默认为 0。

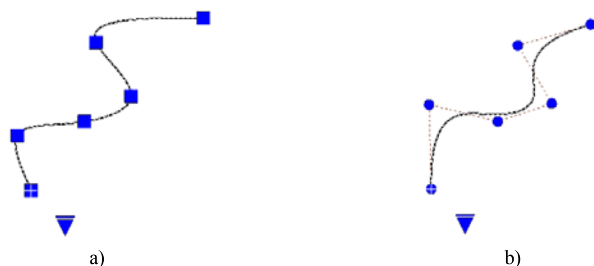


图 4-19 样条曲线的拟合点和控制点

a) 使用拟合点创建并选中的样条曲线 b) 使用控制点创建并选中样条曲线



注意 在下面列出的下拉菜单和功能区的"spline"命令输入方法中，凡注有"拟合点"的菜单和按钮，都已经使"SPLMETHOD"为 0；凡注有"控制点"的菜单和按钮，都已经使"SPLMETHOD"为 1。

"spline"命令的输入方式有：

- 命令：spline ↙。
- 工具栏：绘图→
- 下拉菜单：绘图(D)→样条曲线(S)→拟合点(F) 或 控制点(C)
- 功能区：三维建模工作空间的"曲面"选项卡→"曲线"面板→ 或

使用拟合点创建样条曲线的方法在二维绘图中都会介绍，下面只介绍使用控制点创建样条曲线。控制点的显示和隐藏由命令"cvshow"和"cvhide"控制。

命令输入后提示：

当前设置：*方式=控制点　　阶数=3*

指定第一个点或 [方式(M)/阶数(D)/对象(O)]: *_M*

输入样条曲线创建方式 [拟合(F)/控制点(CV)] <CV>: *_CV*

当前设置：*方式=控制点　　阶数=3*

指定第一个点或 [方式(M)/阶数(D)/对象(O)]:

此为主提示，其各选项的意义如下：

1. 指定第一个点

该选项的作用是按默认方式设置绘制样条曲线，输入一系列的点来确定各曲线段。接下来提示：

输入下一个点：*输入一个点*

……

输入下一个点或 [闭合(C)/放弃(U)]: *输入"C"创建闭合样条曲线，输入"U"放弃刚创建的曲线段，直接回车结束绘制*

2. 方式(M)

对主提示输入"M"回车，将选择使用拟合点还是使用控制点来创建样条曲线。接下来提示：

输入样条曲线创建方式 [拟合(F)/控制点(CV)] <当前方式>: *直接回车默认当前方式 或输入"F"回车使用拟合点绘制样条曲线 或输入"CV"回车使用控制点绘制样条曲线*

接下来回到主提示。

如果通过选项“方式(M)”更改了样条曲线创建方式，随即更改了系统变量“SPLMETHOD”的值。在主提示以后的后续提示中，提示选项会因创建样条曲线的方式不同而异。如果要创建与三维 NURBS 曲面配合使用的几何图形，通过指定控制点绘制样条曲线为首选方法。

3．阶数(D)

对主提示输入“D”回车，将设定样条曲线的阶数，即设定样条曲线每段范围内由几个控制点确定，控制点的多少，决定每段的最大“折弯”数。阶数可以为 1、2 或 3。控制点的数量将比阶数多 1，1 阶时样条曲线每段有 2 个控制点，不能折弯，如图 4-20a 所示；2 阶时每段有 3 个控制点，可折一个弯，如图 4-20b 所示；3 阶时每段有 4 个控制点，可折两个弯，如图 4-20c 所示。图 4-21 是绘制了两段阶数不同的样条曲线的效果，可见其上控制点的个数符合以上规律。

接下来提示：

输入样条曲线阶数<当前值>: *直接回车默认当前阶数 或 输入阶数回车*

接下来回到主提示。

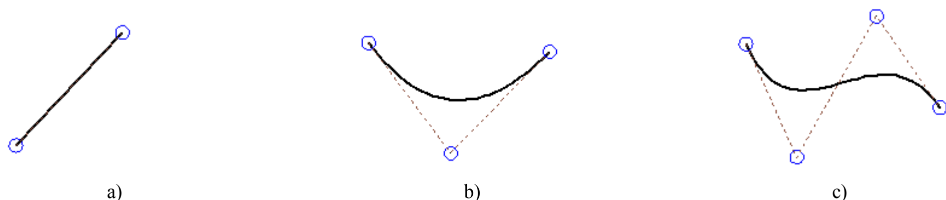


图 4-20　样条曲线的阶数

a) 1 阶　b) 2 阶　c) 3 阶

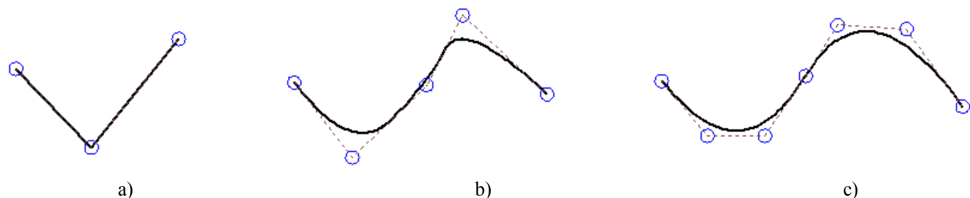


图 4-21　绘制了两段阶数不同的样条曲线

a) 1 阶　b) 2 阶　c) 3 阶

4．对象(O)

对主提示输入“O”回车，将使多段线转换成样条曲线，如图 4-22 所示。

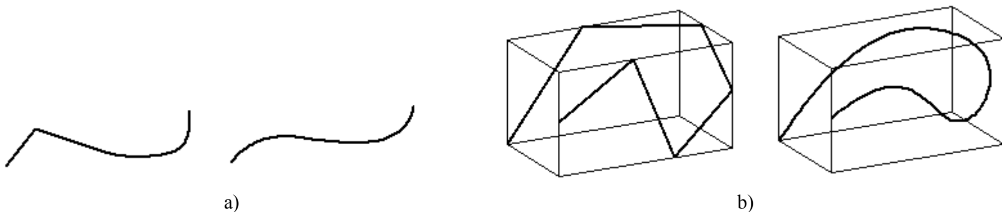


图 4-22　将多段线转换成样条曲线

a) 二维多段线转换成控制点样条曲线　b) 三维多段线转换成控制点样条曲线

当“SPLMETHOD”为 1 时，即使用控制点创建样条曲线时，选项“对象(O)”可将二

维或三维多段线转换成控制点样条曲线。

当“SPLMETHOD”为 0 时，即使用拟合点创建样条曲线时，须将二维或三维多段线用多段线编辑命令“pedit”将其转换成样条拟合曲线，再用“spline”命令的 “对象(O)” 选项转换成等效的样条曲线。



转换后是否删除原多段线（或样条拟合曲线）取决于“DELOBJ”系统变量的设置。

4.4 创建关联曲面

1．创建关联曲面的设置

程序曲面的关联性由系统变量“SURFACEASSOCIATIVITY”控制，当其值为 1 时（这也是其默认值），关联性打开，即创建的任何新程序曲面都与创建他们的曲面或轮廓之间具有关联性；当为 0 时，关联性关闭，即曲面与创建他们的曲面或轮廓之间不具有关联性。

当“SURFACEASSOCIATIVITY”设定为 1 时，“DELOBJ”系统变量将被忽略，即创建关联曲面后，不会删除原定义几何图形。

设置“SURFACEASSOCIATIVITY”值的方式有两种：

1）从命令行输入该系统变量，对提示“输入‘SURFACEASSOCIATIVITY’的新值<当前值>：”以 0 或 1 响应。

2）从三维建模工作空间的“曲面”选项卡的“创建”面板单击按钮，使系统变量“SURFACEASSOCIATIVITY”在 0 和 1 之间转换。



如果“曲面关联性”和“NURBS 创建”都处于打开状态，则曲面将创建为“NURBS”曲面而不是关联曲面。

2．曲面关联的意义：

1）对于关联曲面，改变生成曲面所依据的轮廓形状，该曲面会自动重塑形状。注意，若要修改从曲线或样条曲线生成的关联曲面的形状，应该修改生成曲面所依据的曲线或样条曲线，而不是曲面本身。如果修改曲面本身，将失去关联性。

2）当对一个曲面添加多个关联曲面时，这些曲面形成关联曲面组，这些曲面组是一个从属关系链。改变关联曲面组中一个曲面或边的形状，会调整整个组，即修改一个对象可能造成涟漪效应，而影响所有关联的对象。了解关联性链是很重要的，因为移动或删除链中的一个链接可能会破坏所有对象之间的关系。图 4-23 是改变右边平面的大小或位置，进而影响整个组的形状的效果。

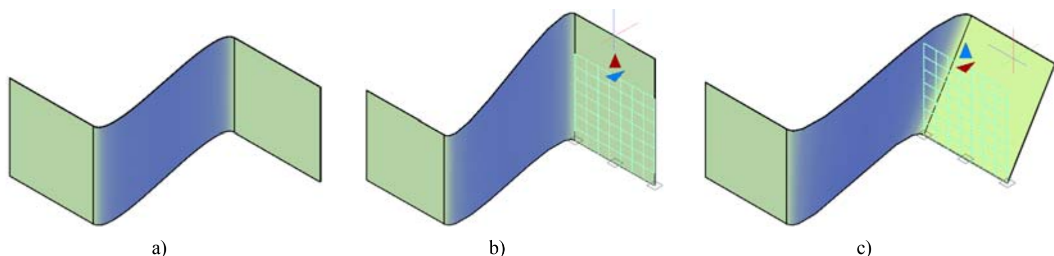


图 4-23 改变关联曲面组中一个面的效果

a) 原关联曲面 b) 拖动上、下夹点 c) 拖动左、右夹点

3）可对关联曲面的二维轮廓使用几何约束（约束创建曲面所使用的二维轮廓对象，而不是曲面本身）。

4）可用数学表达式导出关联曲面的特性（例如高度和半径等）。例如，指定拉伸后曲面的高度等于另一个对象长度的一半。表达式在该曲面的“特性”选项板的“几何图形”面板中应用。

事先规划模型可以节省时间；创建模型后用户不能再返回并添加关联性。此外，还应该小心不要将对象拖离组而不慎破坏关联性。

3．从属关联曲面的关联性显示

如果关联曲面是基于曲线而生成，或依据一个曲面边创建的，若要显示其关联性，打开特性选项板，选中曲面（或先选中该曲面，再打开“特性”选项板），“曲面关联性”面板出现。单击“显示关联性”的右格，从下拉列表中选择“是”，然后按〈Esc〉键去掉曲面上的夹点。当再次将光标悬停在该曲面上时，生成曲线或相关联曲面会与曲面本身一起亮显。

4．曲面关联性的禁用或删除

要对特定曲面禁用或删除关联性，打开“特性”选项板，选中曲面（或先选中该曲面，再打开“特性”选项板），单击“保持关联性”的右格，如果从下拉列表中选择“无”，曲面将保持与其他对象的关联性；但是，所创建的任何新对象将不会与该曲面相关联。该操作打断了关联性链条。如果选择“删除”，曲面的关联性将被删除，该曲面将成为基本曲面。用户不能再从“特性”选项板中更改任何曲面的关联特性，该曲面失去与其他对象的关系。

5．关联曲面的拖动预览设置

系统变量“SURFACEASSOCIATIVITYDRAG”设定关联曲面的拖动预览行为，即控制修改相关对象时是否预览相关的关联曲面的移动，其取值如表 4-1 所示：

表 4-1　系统变量“SURFACEASSOCIATIVITYDRAG”的取值

0	不显示预览。拖动完成后，显示会刷新
1	仅预览第一个关联曲面的移动。拖动完成后，所有其他关联的曲面移动
2	预览所有关联曲面的移动

从命令行输入“SURFACEASSOCIATIVITYDRAG”，对提示“输入‘SURFACEASSOCIATIVITYDRAG’的新值 <1>：”输入新值回车。

禁用预览可提高性能。



第5章　三 维 网 格

用户还可以使用网格对象进行三维建模。用网格对象进行建模与用三维实体和曲面进行建模在某些重要方式上有一定差异。

5.1　三维网格概念

5.1.1　什么是网格对象

网格对象是由网格面（包括三角形和四边形）和镶嵌面（网格面的底层结构）组成的，如图 5-1 所示。网格面为非重叠单元，与其边和顶点一起形成网格对象的基本可编辑单元。镶嵌面栅格的密度与网格的平滑度相对应。平滑度增加时，底层镶嵌面栅格的密度也会增加。

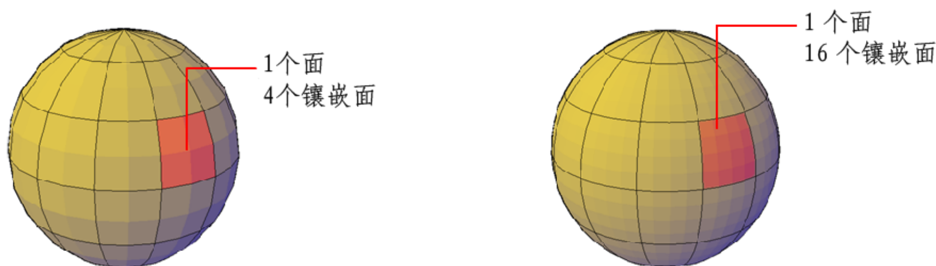


图 5-1　网格面和镶嵌面

网格模型具有和实体模型一样的隐藏、着色和渲染功能。从 AutoCAD 2010 开始，用户可以创建与三维实体一样的诸如长方体、圆锥体和棱锥体等图元网格形式。

然而，与实体模型不同，网格对象不具有三维实体的质量和体积特性，不能使用质量和惯性矩等物理特性。但网格对象也具有不适用于三维实体或曲面的修改方法，例如，对网格对象可以应用锐化、分割以及增加平滑度等操作；可以拖动网格子对象（面、边和顶点）使对象变形；要获得更细致的效果，还可以在修改网格之前优化特定区域的网格。通过网格对象具有的独特功能，用户可以设计角度更小、圆度更大、更细致的模型。

5.1.2　关于网格对象的系统变量

网格对象的显示受多个系统变量的影响。

1）网格对象的平滑度对其显示效果影响极大，图 5-2 是在系统的默认设置下，圆锥的平滑度级别分别是“无”、“级别 1”和“级别 2”的效果。

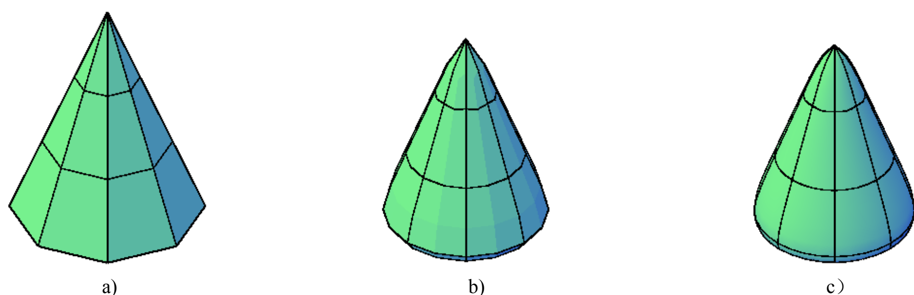


图 5-2　网格对象的平滑度

a) 平滑度级别为“无”　b) 平滑度级别为“级别 1”　c）平滑度级别为“级别 2”

系统变量“SMOOTHMESHMAXLEV”用于设置网格对象的最大平滑度级别，级别越高，网格对象越平滑。其允许值的范围为 1～255 的整数。建议的范围为 1～5，使用此范围可防止创建密度极高的网格，这些网格可能会影响程序的性能。

为网格对象设置最大平滑度的方法是在“命令：”提示下，输入“SMOOTHMESHMAXLEV”，对其“输入‘SMOOTHMESHMAXLEV’的新值 <4>：”的提示输入 1～255 之间的值。而后这个值就是网格对象的平滑度的最大级别。

可以在创建一个网格对象后，打开“特性”选项板，选中网格对象，此时，单击“特性”选项板的“几何图形”栏的“平滑度”右格，打开下拉列表，下拉列表的最高级别即“SMOOTHMESHMAXLEV”的当前值。

2）系统变量“SMOOTHMESHMAXFACE”用于设置网格对象允许使用的最大面数。允许值的范围为 1～16 000 000 的整数，默认初始值为 1 000 000。初始值将根据系统配置进行调整以获得最佳性能。

为网格对象设置最大面数的方法是在命令行输入“SMOOTHMESHMAXFACE”，对其“输入‘SMOOTHMESHMAXFACE’的新值 <1000000>：”的提示输入 1～16 000 000 之间的整数值。

3）系统变量“VSEDGES”用于控制网格对象显示在视口中的边的类型。表 5-1 列出了“VSEDGES”的取值。

表 5-1 “VSEDGES”的取值

0	不显示边
1	显示网格面的边素线
2	显示镶嵌面边

改变系统变量“VSEDGES”取值的方法是在命令行输入“VSEDGES”，对其“输入‘VSEDGES’的新值 <1>：”的提示输入“0”、“1”或“2”之一回车。

图 5-3 是在“概念”视觉样式时，“VSEDGES”取不同值时，网格图元在视口中的显示形式。

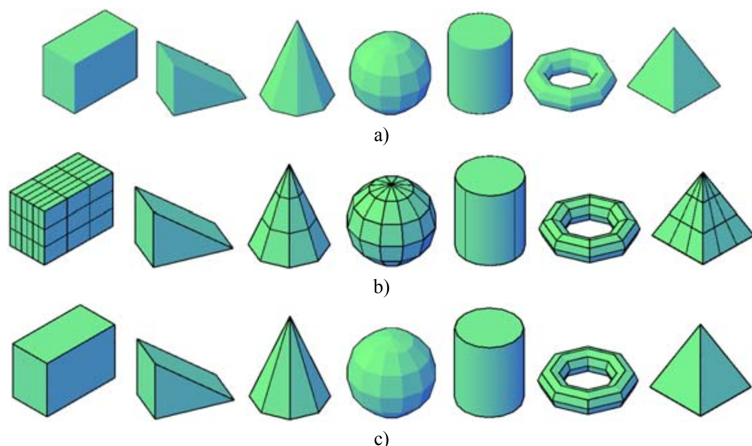


图 5-3　系统变量“VSEDGES”的取值效果

a) “VSEDGES”为 0　b) “VSEDGES”为 1　c) “VSEDGES”为 2

4）系统变量“SMOOTHMESHGRID”用于设置底层网格镶嵌面栅格显示在三维网格对象中时的最大平滑度。“SMOOTHMESHGRID”的取值不能超过“SMOOTHMESHMAXLEV”的值。但此变量并不影响网格的平滑度。表 5-2 列出了“SMOOTHMESHGRID”的常用取值。

表 5-2　“SMOOTHMESHGRID”的常用取值

0	从不显示底层网格镶嵌面栅格
1	为平滑度为 0 和 1 的项显示镶嵌面栅格
2	为平滑度为 2 及更低的项显示镶嵌面栅格
3	为平滑度为 3 及更低的项显示镶嵌面栅格

使用此变量可以帮助显示平滑曲面。通过设置此限制，用户可以在处理极高密度的网格对象时简化底层镶嵌面栅格的显示。

如果设置当前视口中的光源质量的系统变量“VSLIGHTINGQUALITY”为 0（参看 10.1.1 节“关于网格面和镶嵌面的修改”），则此系统变量将被忽略，且所有平滑度级别均显示为镶嵌面。

控制网格镶嵌面栅格的显示的方法是在命令行输入“SMOOTHMESHGRID”，对其“输入“SMOOTHMESHGRID”的新值 <1>：”的提示，输入“0”、“1”、“2”或“3”之一后回车。

图 5-4 是在“概念”视觉样式时，在系统的默认设置下，平滑度级别分别为 0、1、2 时，“SMOOTHMESHGRID”分别取值 0、1、2 时，球体在视口中的显示效果。

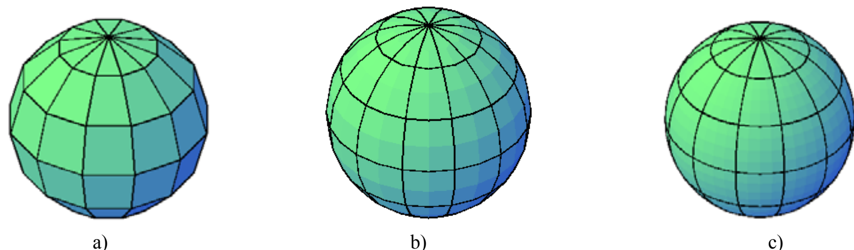


图 5-4　“SMOOTHMESHGRID”的取值效果

a) 平滑度级别为“0SMOOTHMESHGRID”取值 0　b) 平滑度级别为“1SMOOTHMESHGRID”取值 1

c) 平滑度级别为“2SMOOTHMESHGRID”取值 2

5.1.3 创建网格的方法

可以使用以下方法创建网格对象。

创建网格图元：创建标准形状，如长方体、圆锥体、圆柱体、棱锥体、球体、楔体和圆环体等。

从其他对象创建网格：创建直纹网格对象、平移网格对象、旋转网格对象或边界定义的网格对象，这些对象的边界通过其他直线、曲线对象或点插入。

从其他对象类型进行转换：将现有实体或曲面模型（包括复合模型）转换为网格对象。

也可以将网格的传统样式转换为新网格对象类型。

创建自定义网格（传统项）：使用“3dmesh”命令可创建多边形网格，通常通过AutoLISP 程序编写脚本，以创建开放网格。使用“pface”命令可创建具有多个顶点的网格，这些顶点是由指定的坐标定义的。尽管可以继续创建传统多边形网格和多面网格，但是建议用户将其转换为增强的网格对象类型，以保留增强的编辑功能。由于这种方法烦琐且不实用，因而从略。

5.2 “网格图元选项”对话框

在创建图元网格之前，应在“网格图元选项”对话框中为网格图元对象设置镶嵌默认值（细分数）。

打开“网格图元选项”对话框的方法是：

- 命令：meshprimitiveoptions ↙
- 功能区：三维建模工作空间→“网格”选项卡→“图元”面板→网格图元选项
- 由 options 命令打开“选项”对话框→“三维建模”选项卡→“三维对象”栏→“网格图元(M)…”按钮

命令输入后打开“网格图元选项”对话框，如图 5-5 所示。



图 5-5 “网格图元选项”对话框

在“网格图元选项”对话框中为网格图元对象设置的默认值可控制新网格图元对象的外观。网格图元指长方体、圆锥体、棱锥体、圆柱体、球体、楔体和圆环体。

“网格图元选项”对话框各部分的功能如下。

1．“网格”栏

通过指定每侧的细分数为每种类型的网格图元指定初始网格密度。

“网格图元”树：选择要修改的网格图元（例如“长方体”或“圆锥体”），选中一类图元后，在“镶嵌细分”列表框下将显示其设置。

“镶嵌细分”列表框：对于每个选定的网格图元类型，设置其每个侧面的默认细分数。方法是在右格单击，再输入新值以重置新网格图元的细分数。

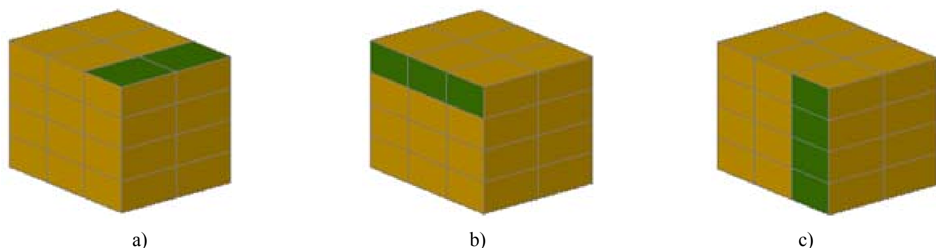
以下就“网格图元”子列表中选择不同的图元类型分别说明。

（1）长方体

长度：设置网格长方体沿 X 轴方向的长度的细分数，如图 5-6a 所示。

宽度：设置网格长方体沿 Y 轴方向的宽度的细分数，如图 5-6b 所示。

高度：设置网格长方体沿 Z 轴方向的高度细分数，如图 5-6c 所示。



a) b) c)

图 5-6　长方体的镶嵌细分

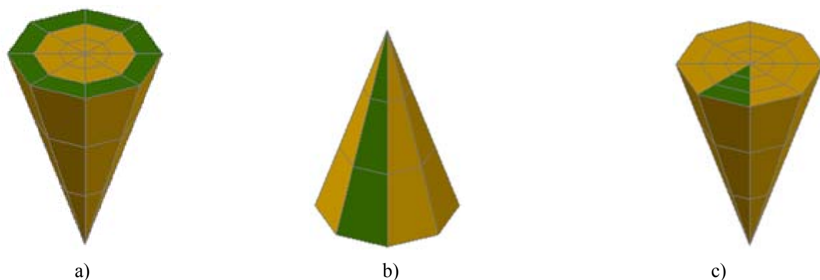
a) X 轴方向的细分数　b) Y 轴方向的细分数　c) Z 轴方向的细分数

（2）圆锥体

轴：沿网格圆锥体底面的周长设置细分数，如图 5-7a 所示。

高度：在网格圆锥体底面和顶点之间设置细分数，如图 5-7b 所示。

底面：在网格圆锥体底面的圆周和圆心点之间设置细分数，如图 5-7c 所示。



a) b) c)

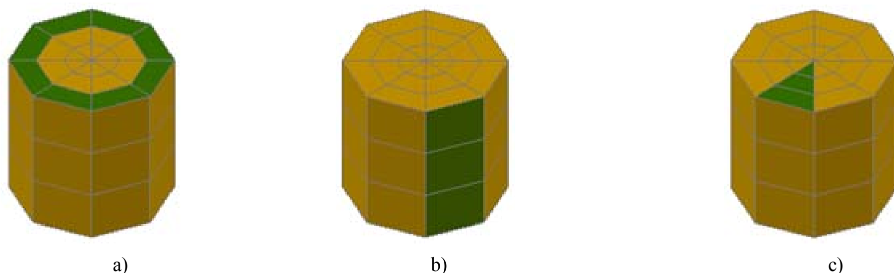
图 5-7　圆锥体的镶嵌细分

a) 底面的周长的细分数　b) 底面和顶点之间的细分数　c) 圆周和圆心点之间的细分数

（3）圆柱体

轴：沿网格圆柱体底面的周长设置细分数，如图 5-8a 所示。

高度：在网格圆柱体的底面和顶面之间设置细分数，如图 5-8b 所示。
底面：在网格圆柱体底面的圆周和圆心点之间设置细分数，如图 5-8c 所示。



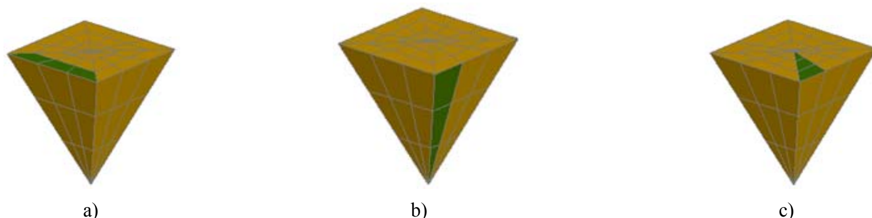
a) b) c)

图 5-8 圆柱体的镶嵌细分

a) 底面的周长的细分数 b) 底面和顶面之间的细分数 c) 圆周和圆心点之间的细分数

（4）棱锥体

长度：为网格棱锥体底面的边设置细分数，如图 5-9a 所示。
高度：在网格棱锥体的底面和顶点之间设置细分数，如图 5-9b 所示。
底面：在网格棱锥体底面周长和中心点之间设置细分数，如图 5-9c 所示。



a) b) c)

图 5-9 棱锥体的镶嵌细分

a) 底面的边的细分数 b) 底面和顶点之间的细分数 c) 底面周长和中心点之间的细分数

（5）球体

轴：沿网格球体的轴端点设置半径细分数，如图 5-10a 所示。
高度：在网格球体的两个轴端点之间设置细分数，如图 5-10b 所示。



a) b)

图 5-10 球体的镶嵌细分

a) 沿网格球体的轴端点设置半径细分数 b) 球体的两个轴端点之间的细分数

（6）楔体

长度：设置网格楔体沿 X 轴方向的长度的细分数，如图 5-11a 所示。

宽度：沿 Y 轴为网格楔体的宽度设置细分数，如图 5-11b 所示。
高度：沿 Z 轴为网格楔体的高度设置细分数，如图 5-11c 所示。
斜度：为沿楔体顶端延伸到底面边的坡度设置细分数，如图 5-11d 所示。
底面：在网格楔体三角形边的周长和中点之间设置细分数，如图 5-11e 所示。

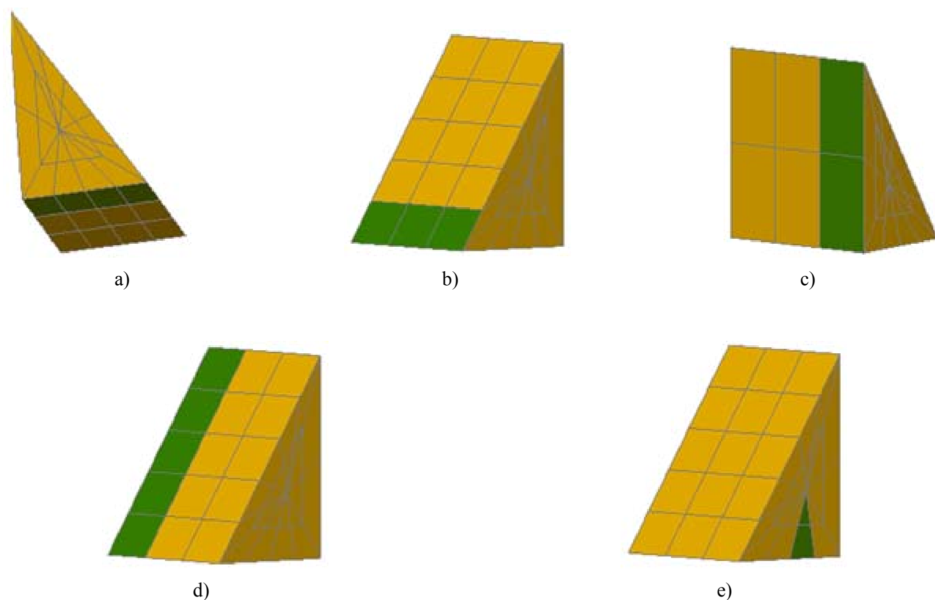


图 5-11　楔体的镶嵌细分

a) X 轴方向的细分数　b) Y 轴方向的细分数　c) Z 轴方向的细分数

d) 为沿楔体顶端延伸到底面边的坡度设置细分数　e) 楔体三角形边的周长和中点之间设置细分数

（7）圆环体
半径：沿形成圆环管轮廓的圆周设置细分数，如图 5-12a 所示。
扫掠路径：沿圆环管轮廓扫掠路径形成的圆周设置细分数，如图 5-12b 所示。



图 5-12　圆环体的镶嵌细分

a) 沿形成圆环管轮廓的圆周设置细分数　b) 沿圆环管轮廓扫掠路径形成的圆周设置细分数

2．“预览”栏：
在“预览”窗口显示所做更改的不同视图。
“范围缩放”按钮：单击该按钮，预览图像布满整个“预览”窗口。

“平移”按钮：单击该按钮，光标移动到“预览”窗口内后变为“ ”形，按住鼠标左键，可移动预览图像。也可以在“预览”窗口内移动鼠标时按住鼠标滚轮来进行平移。

“缩放”按钮：单击该按钮，光标移动到“预览”窗口内后变为“放大镜”形，按住鼠标左键，向上拖动可放大预览图像，向下拖动可缩小预览图像。也可以在“预览”窗口内滚动鼠标滚轮随时进行放大或缩小。

“动态观察”按钮：单击该按钮，光标移动到“预览”窗口内后按住鼠标拖动，可在“预览”窗口内旋转预览图像。

“预览”窗口：显示“镶嵌细分”设置的图元样例。

在“预览”窗口内单击鼠标右键，可打开右键快捷菜单，从“视觉样式”中可选择“三维隐藏”、“三维线框”和“概念”等选项以更改预览的视觉样式。

“预览的平滑度”下拉列表：单击该下拉列表，从下拉列表中选择平滑度，以更改预览图像的平滑度。注意，更改此值不会影响新图元网格的默认平滑度。

3.“预览更新”栏：

设置预览图像更新的频率。

“自动更新”复选框：选中该复选框，预览图像会根据指定的选项自动更新。如果清除此复选框，则单击“更新”按钮才可更新预览。

“更新”按钮：单击该按钮，将预览图像更新为显示所做的任何更改。此按钮在“自动更新”处于选中状态时不可用。

5.3 创建网格图元

默认情况下，创建的新网格图元平滑度为零。要更改默认平滑度，请在命令提示下输入“mesh”。先指定“设置”选项，然后再指定要创建的网格图元的类型。

用“mesh”命令创建网格图元长方体、圆锥体、圆柱体、棱锥体、球体、楔体和圆环体。“mesh”命令的输入方法有：

- 命令：mesh ↙
- 工具栏：平滑网格图元→各按钮均是“mesh”的选项； 平滑网格→“网格长方体”的子工具栏的各按钮
- 下拉菜单：绘图(D) →建模(M) →网格(M) →图元(P) →各子菜单项
- 功能区：三维建模工作空间→“网格”选项卡→“图元”面板→网格长方体下拉菜单各项

命令输入后是“mesh”命令的主提示：

当前平滑度设置为:0

输入选项[长方体(B)/圆锥体(C)/圆柱体(CY)/棱锥体(P)/球体(S)/楔体(W)/圆环体(T)/设置(SE)]<长方体>:

输入选项的关键字之一回车

如果使用工具栏的各按钮或下拉菜单的菜单项输入命令，则视为直接选择了命令的一个选项。下面分项讨论。

注意　网格图元的创建方法与实体图元的创建方法完全一样。

5.3.1 网格长方体

如果选择绘制长方体，网格长方体的底面将绘制为与当前 UCS 的 XY 平面（工作平面）平行。

可以在“网格图元选项”对话框中为每个新网格长方体的标注设置默认细分数。也可以在创建网格对象时修改这些设置和平滑度。

命令行的长方体主提示为：

指定第一个角点或[中心(C)]: *输入长方体的一个角点 或 输入“C”后回车*

1．指定第一个角点

对长方体主提示输入一个点，是指定长方体底面的第一个角点，接下来提示：

指定其他角点或[立方体(C)/长度(L)]: *输入长方体的另一个角点 或 输入“C”后回车画正方体 或 输入“L”后回车按长、宽、高画长方体*

1）如果输入长方体的另一个角点，接下来提示：

指定高度或[两点(2P)]<默认高度值 >: *直接回车使用默认高度 或 移动鼠标拉高长方体到所需高度后单击左键 或 输入长方体的高度值回车 或 输入“2P”回车*

若输入“2P”回车，接下来提示：

指定第一点: *输入第一点*

指定第二点: *输入第二点*

两点的距离为长方体高度。

2）若对提示“指定其他角点或[立方体(C)/长度(L)]:”输入“C”后回车，则将创建立方体，接下来提示：

指定长度<默认长度值>: *直接回车使用默认长度 或 移动鼠标到所需长度后单击左键 或 输入立方体的长度值回车* *注意：光标的位置确定长方体的方向*

3）若对提示“指定其他角点或[立方体(C)/长度(L)]:”输入“L”后回车，则将按长、宽、高画长方体，此时，可在 XY 平面内移动光标，动态设定长方体的旋转。接下来提示：

指定长度<默认长度值>: *直接回车使用默认长度 或 移动鼠标到所需长度后单击左键 或 输入长度值回车* *注意：光标的位置确定长方体的方向*

指定宽度<默认宽度值>: *直接回车使用默认宽度 或 移动鼠标到所需宽度单击左键 或 输入宽度值回车*

指定高度或[两点(2P)] <默认高度值>: *直接回车使用默认高度 或 移动鼠标到所需高度后单击左键 或 输入宽度值回车 或 输入“2P”回车*

若输入“2P”回车，将由两点确定长方体的高度，接下来提示：

指定第一点: *输入第一点*

指定第二点: *输入第二点*

两点的距离为长方体高度。

2．中心(C)

若对主提示输入“C”回车，将指定长方体的底面中心，接下来提示：

指定中心: *输入中心点*

指定角点或[立方体(C)/长度(L)]: *输入长方体的一个角点 或 输入“C”、“L”之一回车*

若指定角点，接下来提示是“指定高度或[两点(2P)]<当前默认高度值>:”；若输入“C”

回车，则将创建立方体，此时，可在 XY 平面内移动光标，动态设定长方体的旋转；若输入“L”后回车，则将按长、宽、高画长方体。回答方式与前面一样，不再重述。

5.3.2 网格圆锥体

如果选择绘制圆锥体，可以创建底面为圆形或椭圆形的尖头网格圆锥体或网格圆台。

默认情况下，网格圆锥体的底面位于当前 UCS 的 XY 平面上，圆锥体的轴线与 Z 轴平行。

可以在“网格图元选项”对话框中为每个新网格圆锥体的标注设置细分数。也可以在创建网格对象时修改这些设置和平滑度。

命令行的圆锥体主提示为

指定底面的中心点或[三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)/椭圆(E)]: *输入底面的中心点 或 输入选项的关键字之一回车*

1. 指定底面的中心点

该选项为首选项，要求指定网格圆锥体底面的中心点，输入底面的中心点后，接下来提示：

指定底面半径或 [直径(D)]: *移动鼠标到所需的底面半径后单击左键 或 输入半径值回车 或 输入 D 回车指定底面直径（此时提示为“指定直径：”，回答方式与指定底面半径类似）*

接下来是确定圆锥高度或是否创建圆台的提示：

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)] <默认高度值>: *直接回车默认高度值 或移动鼠标到所需的高度位置后单击左键 或 输入高度值回车 或 输入选项关键字之一回车*

1）指定高度是首选项，高度确定后命令结束。

2）如果输入“2P”回车，将由两点确定圆锥体的高度，接下来提示：

指定第一点: *输入第一点*

指定第二点: *输入第二点*

两点的距离为圆锥体高度。

3）如果输入“A”回车，将确定圆锥体的顶点，接下来提示：

指定轴端点: *输入一点*

随顶点位置的不同，网格圆锥体的底面不一定位于当前 UCS 的 XY 平面上，其轴线不一定与 Z 轴平行，如图 5-13 所示。该选项可确定圆锥体的高度和旋转角度。

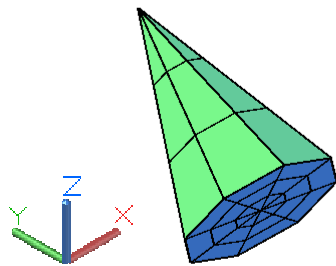


图 5-13 网格圆锥体的轴线与 Z 轴不平行

4）如果输入“T”回车，将创建网格圆台，接下来提示：

指定顶面半径 <默认半径值>: *直接回车默认半径值 或 移动鼠标到所需的顶面半径后单击左键 或 输入半径值回车*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)] <默认高度值>: *直接回车默认高度值 或 移动鼠标到所需的高度位置后单击左键 或 输入高度值回车 或 输入“2P”回车（由两点确定圆台的高度，与前面两点确定圆锥高度一样） 或 输入“A”回车（确定圆台的顶面圆心点，与前面确定圆锥的顶点一样）*

图 5-14 为创建的网格圆台。

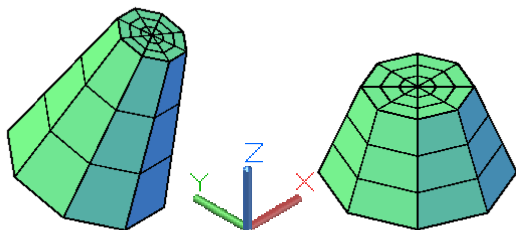


图 5-14　网格圆台

2．三点(3P)

如果对主提示输入“3P 回车，将通过指定三点设置网格圆锥体底面的位置、大小来创建网格圆锥或网格圆台，接下来提示：

指定第一点：*输入网格圆锥体底面圆周上的第一点*

指定第二点：*输入网格圆锥体底面圆周上的第二点*

指定第三点：*输入第三点，确定网格圆锥体底面的大小和平面旋转*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)] <默认高度值>：*对该提示的回答参看确定圆锥高度或是否创建圆台的提示*

“三点”选项可在三维空间内的任意位置处定义圆锥体底面的大小和所在平面。因此，网格圆锥体的底面不一定位于当前 UCS 的 XY 平面上，其轴线不一定与 Z 轴平行。

3．两点(2P)

如果对主提示输入“2P”回车，将根据两点定义网格圆锥体的底面直径创建网格圆锥或网格圆台，接下来提示：

指定直径的第一个端点：*输入网格圆锥体底面圆周上的第一个端点*

指定直径的第二个端点：*输入网格圆锥体底面直径的第二个端点，确定网格圆锥体底面的基本位置和大小。*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)] <默认高度值>：*对该提示的回答参看确定圆锥高度或是否创建圆台的提示*

4．切点、切点、半径(T)

如果对主提示输入“T”回车，将创建底面与两个对象相切的网格圆锥或网格圆台，接下来提示：

指定对象的第一个切点：*光标移动到第一个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定对象的第二个切点：*光标移动到第二个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定圆的半径 <默认半径值>：*输入半径值回车 或 输入一点（而后继续提示“指定第二点”，两点距离为半径）*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)]：*对该提示的回答参看确定圆锥高度或是否创建圆台的提示*

创建的新圆锥体位于尽可能接近指定的切点的位置，这取决于半径距离。相切的对象是圆、圆弧、直线类的二维对象和某些具有圆、圆弧、直线棱的三维对象，图 5-15 是圆锥的底面与圆和长方体底棱相切的效果。三维切点投影在当前 UCS 的 XY 平面上。利用动态 UCS，可以在实体模型的平面上创建网格圆锥或网格圆台，在楔形体的斜面上画圆锥体，如图 5-16 所示。

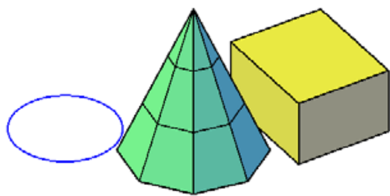


图 5-15　圆锥的底面与圆和长方体的底棱相切

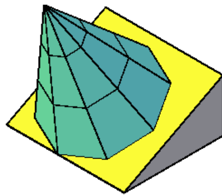


图 5-16　在楔形体的斜面上画圆锥体

5．椭圆(E)

如果对主提示输入“E”回车，将创建底面为椭圆的网格圆锥或网格圆台，如图 5-17 所示，接下来提示：

指定第一个轴的端点或[中心(C)]: *输入椭圆第一个轴的一个端点 或 输入“C”回车*

1）如果输入椭圆第一个轴的一个端点，接下来提示：

指定第一个轴的其他端点: *输入椭圆第一个轴的另一个端点*

指定第二个轴的端点: *移动鼠标到所需点单击左键 或 输入第二个轴的端点*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)] <默认高度值>: *对该提示的回答参看确定圆锥高度或是否创建圆台的提示*

2）如果对“指定第一个轴的端点或 [中心(C)]:”输入“C”回车，将先指定椭圆网格圆锥体底面的中心点，接下来提示：

指定中心点: *输入中心点*

指定到第一个轴的距离 <默认距离值>: *直接回车默认距离 或 移动鼠标到所需的位置后单击左键 或 输入距离回车*

指定第二个轴的端点: *移动鼠标到所需点单击左键 或 输入第二个轴的端点*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)] <默认高度值>: *对该提示的回答参看确定圆锥高度或是否创建圆台的提示*

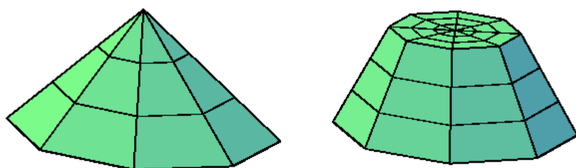


图 5-17　底面为椭圆的网格圆锥或网格圆台

5.3.3　网格圆柱体

默认情况下，网格圆柱体的底面位于当前 UCS 的 XY 平面上。圆柱体的高度与 Z 轴平行。

可以在“网格图元选项”对话框中为每个新网格圆柱体的标注设置细分数。也可以在创建网格对象时修改这些设置和平滑度。

命令行的圆柱体的主提示为：

指定底面的中心点或 [三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)/椭圆(E)]:

主提示的各选项分别是：指定网格圆柱的底面中心创建圆柱；通过指定三点设置网格圆柱底面创建网格圆柱；根据两点定义网格圆柱的底面直径创建网格圆柱；创建底面与两个对象相切的网格圆柱；创建底面为椭圆的网格椭圆柱。这些创建网格圆柱的过程与创建网格圆锥的过程几乎一样，读者可参照前面创建网格圆锥的方法理解。



5.3.4 网格棱锥体

默认情况下可创建 4 个侧面（每个侧面有 9 个小侧面）的网格 4 棱锥体或 4 棱台。

可以在“网格图元选项”对话框中为新网格棱锥体的每个标注设置细分数。也可以在创建网格对象时修改这些设置和平滑度。

命令行的棱锥体的主提示为：

指定底面的中心点或[边(E)/侧面(S)]: *输入底面的中心点 或 输入选项的关键字之一回车*

1．指定底面的中心点

该选项为首选项，输入底面的中心点后，底面正多边形是按其内接还是外切一个圆确定的，因此接下来提示：

指定底面半径或[内接(I)]: *移动鼠标到所需的半径长度后单击左键 或 输入半径值回车 或 输入“I”回车*

默认情况是底面正多边形按外切于圆绘制，若输入“I”回车，则底面正多边形是内接于圆，接下来提示：

指定底面半径或[外切(C)]: *移动鼠标到所需的半径长度后单击左键 或 输入半径值回车 或 输入“C”回车转回到底面正多边形按外切圆绘制*

设定好底面半径后是确定棱锥高度或是否创建棱台的提示：

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)]: *移动鼠标到所需的高度位置后单击左键 或 输入高度值回车 或 输入选项关键字之一回车*

1）如果输入“2P”回车，将由两点确定棱锥体的高度，接下来提示：

指定第一点: *输入第一点*

指定第二点: *输入第二点*

两点的距离为棱锥体高度

2）如果输入“A”回车，将确定棱锥体的顶点，接下来提示：

指定轴端点: *输入一点*

随顶点位置的不同，网格棱锥体的底面不一定位于当前 UCS 的 XY 平面上，其轴线不一定与 Z 轴平行。该选项可确定棱锥体的高度和旋转角度。

3）如果输入“T”回车，将创建网格棱台，要求输入棱台另一底面正多边形的内接圆半径（底面正多边形外切于圆），接下来提示：

指定顶面半径 <默认半径值>: *直接回车默认半径值 或 移动鼠标到所需的顶面半径后单击左键 或 输入半径值回车*

指定高度或[两点(2P)/轴端点(A)]: *移动鼠标到所需的高度位置后单击左键 或 输入高度值回车 或 输入“2P”回车（由两点确定圆台的高度，与前面两点确定棱锥高度一样） 或 输入“A”回车（确定棱台的顶面圆心点，与前面确定棱锥的顶点一样）*

2．边(E)

如果对棱锥主提示输入“E”回车，将按棱锥体的底面边长确定底面，接下来提示：

指定边的第一个端点：*输入第一点*

指定边的第二个端点：*输入第二点*

指定高度或 [两点(2P)/轴端点(A)/顶面半径(T)]：*对该提示的回答参看确定棱锥高度或是否创建棱台的提示*

3．侧面(S)

如果对棱锥主提示输入“S”回车，将确定棱锥体的侧面数，侧面数最多 32 个。接下来提示：

输入侧面数<4>：*输入侧面个数 或 直接回车仍按4 个侧面创建棱锥*

接下来回到主提示“指定底面的中心点或[边(E)/侧面(S)]：”，按前面所述回答。

5.3.5 网格球体

可以使用多种方法中的一种来创建网格球体。如果从圆心开始创建，网格球体的中心轴将与当前用户坐标系 (UCS) 的 Z 轴平行。

可以在“网格图元选项”对话框中为新网格球体的每个标注设置细分数。也可以在创建网格对象时修改这些设置和平滑度。

命令行的球体的主提示为：

指定中心点或[三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)]：*输入球的中心点 或 输入选项的关键字之一回车*

1．指定中心点

该选项为首选项，如果输入球的中心点，接下来提示：

指定半径或[直径(D)]：*移动鼠标到所需的半径后单击左键 或 输入半径值回车 或 输入“D”回车*

若输入“D”回车，接下来提示：

指定直径：*移动鼠标到所需的直径后单击左键 或 输入直径值回车*

2．三点(3P)

如果对主提示输入“3P”回车，将指定三点创建网格球体，接下来提示：

指定第一点：*输入球体表面上第一点*

指定第二点：*输入球体表面上第二点*

指定第三点：*输入球体表面上第三点*

3．两点(2P)

如果对主提示输入“2P”回车，将根据球直径创建球体，接下来提示：

指定直径的第一个端点：*输入球体直径的第一点*

指定直径的第二个端点：*输入球体直径的第二端点*

4．切点、切点、半径(T)

如果对主提示输入“T”回车，将创建与两个对象相切的网格球体，相切的对象是圆、圆弧、直线类的二维对象和某些具有圆、圆弧、直线棱的三维对象。接下来提示：

指定对象的第一个切点：*光标移动到第一个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定对象的第二个切点：*光标移动到第二个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定圆的半径 ：*输入半径值回车 或 输入一点（而后继续提示“指定第二点”，两点距离为半径）*

5.3.6 网格楔体

可以创建面为矩形或正方形的网格楔体。

默认情况下楔体的底面绘制为与当前 UCS 的 XY 平面平行，斜面正对第一个角点。楔体的高度与 Z 轴平行。

可以在“网格图元选项”对话框中为新网格楔体的每个标注设置细分数，也可以在创建网格对象时修改这些设置和平滑度。

命令行的楔体的主提示为：

指定第一个角点或[中心(C)]: *输入楔体的第一个角点 或 输入“D”回车*

1．指定第一个角点

这是首选项，如果输入楔体第一个角点，接下来提示：

指定其他角点或 [立方体(C)/长度(L)]: *输入楔体的另一个角点 或 输入选项的关键字之一回车*

1）输入楔体的另一个角点后，接下来是确定楔体高度的提示：

指定高度或[两点(2P)] <当前高度>: *直接回车默认当前高度 或 移动鼠标到所需的高度后单击左键 或 输入高度回车 或 输入 “2P”回车*

如果输入“2P”回车，接下来提示：

指定第一点： *输入第一点*

指定第二点： *输入第二点*

以两点的距离确定楔体的高度。

2）若输入“C”回车，将创建长、宽、高相等的网格楔体。此时，可在 XY 平面内移动光标，动态设定长方体的旋转。接下来提示：

指定长度<当前默认长度>: *直接回车默认当前长度 或 移动鼠标到所需的长度后单击左键 或 输入长度回车*

3）若输入“L”回车，将在指定底面长、宽后创建网格楔体。此时，可在 XY 平面内移动光标，动态设定长方体的旋转。接下来提示：

指定长度<当前默认长度>: *直接回车默认当前长度 或 移动鼠标到所需的长度后单击左键 或 输入长度回车*

指定宽度<当前默认宽度>: *直接回车默认当前宽度 或 移动鼠标到所需的宽度后单击左键 或 输入宽度回车*

指定高度或[两点(2P)] <当前默认高度>: *回答方式与前面“确定楔体高度的提示”一样*

2．中心(C)

如果对主提示输入“C”回车，将先输入整个楔形体的中心点。接下来提示：

指定中心： *输入中心点*

指定角点或[立方体(C)/长度(L)]: *输入角点 或 输入 “C”回车（创建长、宽、高相等的网格楔体） 或 输入 “L”回车（指定底面长、宽后创建网格楔体）*

如果输入角点，接下来提示：

指定高度或[两点(2P)] <当前默认高度>: *回答方式与前面确定楔体高度的提示一样*

5.3.7 网格圆环体

网格圆环体如图 5-18a 所示，其具有两个半径值：一个是圆管半径，另一个是路径半径，路径半径是圆环体的圆心到圆管的圆心之间的距离。默认情况下，圆环体将被绘制为与

当前 UCS 的 XY 平面平行，且被该平面平分的形式。

可以在“网格图元选项”对话框中为新网格圆环体的每个标注设置细分数。也可以在创建网格对象时修改这些设置和平滑度。

网格圆环可以自交，即圆管半径大于路径半径。自交的网格圆环没有中心孔，如图 5-18b 所示。



a)　　b)

图 5-18　圆环

a) 圆环　b) 自交圆环

命令行的圆环体主提示为：

指定中心点或[三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)]: *输入圆环的中心点 或 输入选项的关键字之一回车*

1．指定中心点

该选项为首选项，如果输入圆环的中心点，接下来提示路径半径：

指定半径或[直径(D)] <当前默认半径>: *移动鼠标到所需的半径后单击左键 或 输入半径值回车 或 输入“D”回车（会出现提示“指定圆环体的直径 <当前默认直径>: ”，回答方式为直接回车默认当前直径 或 移动鼠标到所需的直径后单击左键 或 输入直径回车）*

确定路径半径后，是确定圆管半径提示：

指定圆管半径或[两点(2P)/直径(D)]: *移动鼠标到所需的半径后单击左键 或 输入圆管半径值回车 或 输入“2P”、“D”之一回车*

若输入“2P”回车，将由两点确定圆管半径，接下来提示：

指定第一点: *输入第一点*

指定第二点: *输入第二点*

若输入“D”回车，接下来提示：

指定圆环体的直径 <当前默认直径>: *直接回车默认当前直径 或 移动鼠标到所需的直径后单击左键 或 输入直径回车*

2．三点(3P)

如果对主提示输入“3P”回车，将指定三点确定圆管的圆心圆（即路径圆）创建网格圆环体，接下来提示：

指定第一点: *输入圆管路径上第一点*

指定第二点: *输入圆管路径上第二点*

指定第三点: *输入圆管路径上第三点*

指定圆管半径或 [两点(2P)/直径(D)]: *回答方式与前面的“确定圆管半径提示”一样*

3．两点(2P)

如果对主提示输入“2P”回车，这是根据圆管的圆心圆（即路径圆）直径创建圆环体，接下来提示：

指定直径的第一个端点: *输入直径的第一个端点*

指定直径的第二个端点: *输入直径的第二个端点*

指定圆管半径或 [两点(2P)/直径(D)]: *回答方式与前面的确定圆管半径提示一样*

4．切点、切点、半径(T)

如果对主提示输入“T”回车，将定义两个对象上的切点，圆环体的路径位于尽可能接近指定的切点的位置，这取决于指定的半径距离。相切的对象是圆、圆弧、直线类的二维对象和某些具有圆、圆弧、直线棱的三维对象。接下来提示：

指定对象的第一个切点: *光标移动到第一个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定对象的第二个切点: *光标移动到第二个对象上（出现相切标记）单击鼠标左键*

指定圆的半径 <当前默认半径>: *直接回车默认当前半径 或 输入两点，两点间的距离为半径 或 输入半径值回车*

指定圆管半径或 [两点(2P)/直径(D)]: *回答方式与前面的确定圆管半径提示一样*

5.3.8 设置

“mesh”命令的“设置(SE)”选项用于设置新网格对象的平滑度和镶嵌值。

对“mesh”命令的总提示输入“SE”后回车，接下来提示：

指定平滑度或[镶嵌(T)] <当前值>: *直接回车默认平滑度当前值 或 输入平滑度值回车（0~4 的整数值） 或 输入 “T”回车*

平滑度为“0”将消除平滑度，输入一个最大为“4”的正整数表示增加平滑度。一旦输入平滑度值，当前绘图任务将其保留直至下一次修改。

平滑度值受系统变量“SMOOTHMESHMAXLEV”的值限制。“SMOOTHMESHMAXLEV”允许值的范围为 1～255，建议的范围为 1～5。使用此限制可防止创建密度极高的网格，这些网格可能会影响程序的性能。

如果对提示“指定平滑度或[镶嵌(T)] <当前值>:”输入“T”回车，则将打开“网格图元选项”对话框，从中可以为网格图元选项的每个标注更新镶嵌值（面数）。

5.4 由直线或曲线对象构造网格

在 AutoCAD 的较早版本中，命令“revsurf”、“tabsurf”、“rulesurf”和“edgesurf”均为创建传统意义上的多边形网格或多面网格，但从 AutoCAD 2010 开始，这几个命令也可以创建网格对象，系统变量“MESHTYPE”控制命令“revsurf”、“tabsurf”、“rulesurf”和“edgesurf”创建的对象是传统网格还是网格对象，其默认值为 1。其取值如表 5-3 所示。

表 5-3 系统变量“MESHTYPE”的取值

0	使用“revsurf”、“tabsurf”、“rulesurf”或“edgesurf”命令时创建传统多边形网格或多面网格
1	使用“revsurf”、“tabsurf”、“rulesurf”或“edgesurf”（建议使用）命令时创建功能完善的网格对象

下面仅就命令“revsurf”、“tabsurf”、“rulesurf”和“edgesurf”创建网格对象讨论。

5.4.1 创建直纹网格

使用“rulesurf”命令，可以在点、直线或曲线之间创建直纹网格。 命令的输入方法有：

- 命令：rulesurf ↙
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→网格(M)→直纹网格(R)
- 功能区：三维建模工作空间→“网格”选项卡→“图元”面板→建模→网格→直纹曲面

命令输入后，AutoCAD 将提示：

当前线框密度：*SURFTAB1=6*

选择第一条定义曲线：*选择第一个对象*

选择第二条定义曲线：*选择第二个对象*

“当前线框密度”是直纹网格的分段数，即两定义曲线间直线的疏密，由系统变量“SURFTAB1”控制，其值越大，两定义曲线间的直线越密，“SURFTAB1”的默认值是 6。

选择两个对象后，在他们之间建立直纹网格面。图 5-19 是在不同对象间创建的直纹网格（概念视觉样式、系统变量“VSEDGES”为 1）。

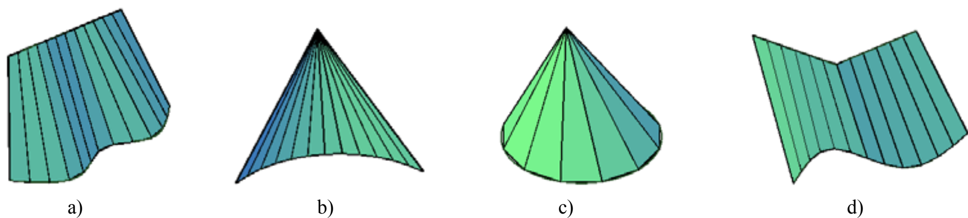


图 5-19 在不同的对象间创建的直纹网格

a) 定义曲线为直线和样条曲线 b) 定义曲线为点和圆弧 c) 定义曲线为点和圆 d) 定义曲线为多段线和样条曲线

定义直纹网格的两个对象可以是直线、点、圆弧、圆、样条曲线、二维多段线或三维多段线。用做直纹网格“轨迹”的两个对象必须全部开放或全部闭合，即如果一个对象是开放的（如直线、圆弧）另一个对象也必须是开放的。同样如果一个对象是封闭的（如圆或封闭的多段线），另一个对象也必须是封闭的。点对象可以与开放或闭合对象成对使用，即点作为一个对象使用时，可不必考虑另一个对象是封闭的还是开放的。但在两个对象中，只能有一个对象是点对象。

直纹网格以 2×N（N 等于系统变量“SURFTAB1”的值）个多边形网格的形式构造。“rulesurf”将网格的半数顶点沿着一条定义曲线均匀放置，将另半数顶点沿着另一条曲线均匀放置。由于等分数目对每条定义曲线都是相同的，因此，如果两条定义曲线不等长，那么两条曲线上顶点之间的距离不相等。

对于闭合的定义曲线，可选择其上任意点构建直纹网格。圆从 0°角的位置画起。对于开放曲线构建直纹网格，将基于曲线上指定点的位置。

 注意

在选择定义曲线时，要保证拾取点在对象的同一端。如果拾取点在对象的一端，而另一个对象的拾取点在相反的另一端，则会出现自交，即产生蝴蝶结效果，如图 5-20 所示。

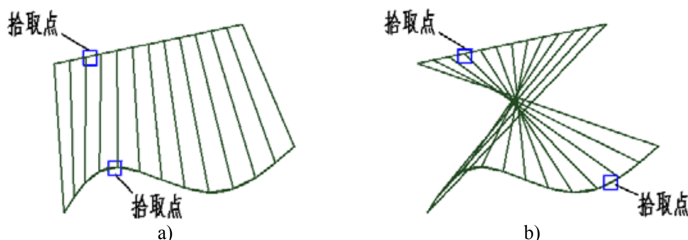


图 5-20　自交直纹网格

a) 拾取点在对象的不同端　b) 产生蝴蝶结效果

5.4.2 创建平移网格

使用“tabsurf”命令可创建表示由轮廓曲线和方向矢量定义的平移网格对象。命令的输入方式有：

- 命令：tabsurf ↙
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→网格(M)→平移网格(T)
- 功能区：三维建模工作空间→“网格”选项卡→“图元”面板→建模→网格→平移曲面

命令输入后，AutoCAD 将提示：

当前线框密度：*SURFTAB1=6*

选择用做轮廓曲线的对象：*选择一条曲线*

选择用做方向矢量的对象：*选择一条直线或多段线*

“当前线框密度”是平移网格曲面的分段数，由系统变量“SURFTAB1”设置，其默认值为“6”。轮廓曲线和方向矢量必须事先绘出。轮廓曲线必须是线、圆弧、圆、样条曲线、二维多段线以及三维多段线等。方向矢量必须是直线或非闭合的二维多段线、三维多段线等。当方向矢量为多段线时，方向为整条多段线的两个端点连线方向。方向矢量的起点为距拾取点最近的端点。轮廓曲面平移的距离为方向矢量的长度。图 5-21 为平移网格曲面。

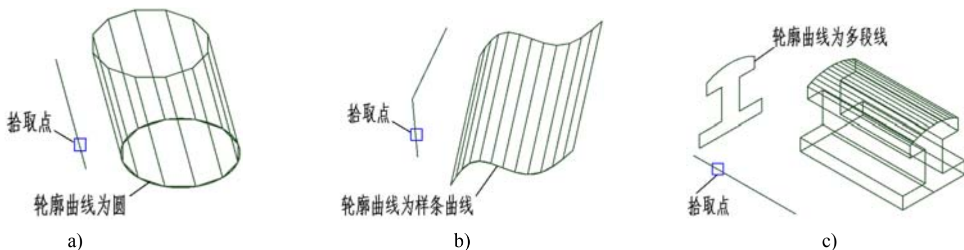


图 5-21　平移网格曲面

a) 方向矢量为直线，轮廓曲线为圆　b) 方向矢量为多段线，轮廓曲线为样条曲线　c) 方向矢量为直线，轮廓曲线为多段线


注意

方向矢量为多段线时仅考虑多段线的第一点和最后一点，而忽略中间的顶点。方向矢量的长度决定平移网格的长度，在方向矢量的哪一端拾取点，决定了拉伸的方向。

5.4.3 创建旋转网格

可以使用“revsurf”命令通过绕一轴线旋转对象的轮廓来创建旋转网格。“revsurf”命令

适用于对称旋转的网格形式。命令输入方式有：

- 命令：revsurf ↙
- 下拉菜单：绘图(D)建模(M)→网格(M)→旋转网格(M)
- 功能区：三维建模工作空间→“网格”选项卡→“图元”面板→建模→网格→旋转曲面

命令输入后提示：

当前线框密度：*SURFTAB1=6　SURFTAB2=6*

选择要旋转的对象：*选择要旋转的曲线*

选择定义旋转轴的对象：*选择旋转轴*

指定起点角度<0>：*输入旋转的起始角回车　或　直接回车*

指定包含角(+为逆时针，−为顺时针) <360>：*输入旋转角度回车　或　直接回车*

在旋转网格曲面中，旋转对象在旋转方向的分段数可由系统变量“SURFTAB1”来设置，旋转轴方向的分段数可由系统变量“SURFTAB2”来设置，默认值均为“6”。

在上述操作过程中，旋转对象和旋转轴必须事先绘出。旋转的起始角是指旋转角的起始位置与旋转对象之间的夹角。对于旋转对象的包含角，输入正值为逆时针旋转，输入负值为顺时针旋转，默认值为 360°。

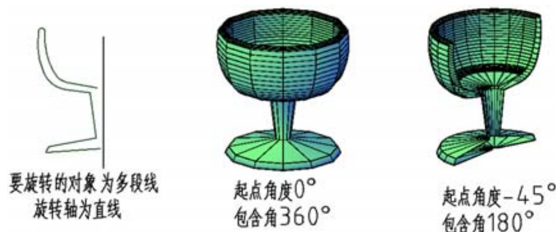


图 5-22　旋转曲面

旋转对象可以是直线、圆弧、圆、椭圆、椭圆弧、多边形、样条曲线、二维多段线以及三维多段线等，对于复杂的形状，可用直线、圆弧、多段线等画出（注意各段端点相连），然后用“pedit”命令把他们连接在一起作为一个完整的旋转对象。

旋转轴可以是直线、二维多段线以及三维多段线。当旋转轴指定为多段线时，多段线首尾两个端点的连线将作为旋转轴。网格曲面构造完成后可把旋转轴擦掉。

图 5-22 为绘出的旋转网格曲面（“概念”视觉样式、系统变量“VSEDGES”为 1）。

5.4.4　创建边界定义的网格

使用“edgesurf”命令，可以通过称为边界的四个对象创建孔斯（Coons）曲面片网格。四条边可以是直线、圆弧、样条曲线、椭圆弧或其他任意组合的多段线、多段圆弧，各边必须互相首尾相连，建立一个封闭边界。孔斯片是插在四个边界间的双三次曲面（一条 M 方向上的曲线和一条 N 方向上的曲线），如图 5-23 所示。

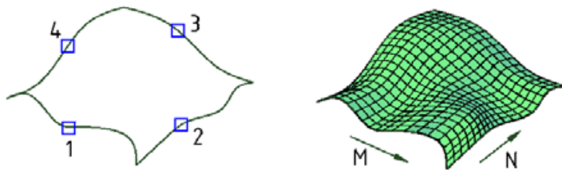


图 5-23　孔斯边界网格例 1

命令的输入方式有：

- 命令：edgesurf ↙

- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→网格(M)→边界网格(M)
- 功能区：三维建模工作空间→“网格”选项卡→“图元”面板→建模→网格→边界曲面

命令输入后，AutoCAD 将提示：

当前线框密度: *SURFTAB1=6　SURFTAB2=6*

选择用做曲面边界的对象 1: *选择第 1 条边*

选择用做曲面边界的对象 2: *选择第 2 条边*

选择用做曲面边界的对象 3: *选择第 3 条边*

选择用做曲面边界的对象 4: *选择第 4 条边*

边界网格的 M 方向和 N 方向的曲线数目分别由系统变量“SURFTAB1”和“SURFTAB2”控制。

可以用任何次序选择这四条边。第一条边（SURFTAB1）决定了所生成网格的 M 方向，该方向从距选择点最近的端点延伸到另一端。与第一条边相接的两条边形成了网格的 N（SURFTAB2）方向的边。

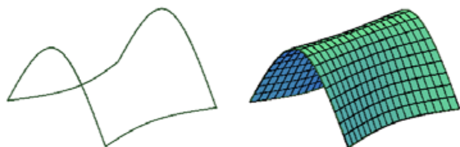


图 5-24　孔斯边界网格例 2

图 5-23 和图 5-24 都是用“edgesurf”命令构造的孔斯网格曲面。

5.5　“网格镶嵌选项”对话框

三维实体或曲面对象可以转换为网格对象，在“网格镶嵌选项”对话框中设置这种转换的默认设置，以用于定义网格面与对象在形状和平滑度方面的相符程度。也可直接利用“网格镶嵌选项”对话框将三维实体或曲面对象转换为网格。还可以在“网格图元选项”对话框中为对象转换设置默认的偏好设置。

打开“网格镶嵌选项”对话框的方法是：

- 命令：meshoptions ↙
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡或“网格”选项卡→“网格”面板→网格镶嵌选项
- 由“options”命令打开“选项”对话框→“三维建模”选项卡→“三维对象”栏→“镶嵌(T)…”按钮

命令输入后打开如图 5-25 所示的对话框：

在“网格镶嵌选项”对话框中设置的默认值可控制转换为三维网格对象的外观。

对话框的各项意义如下：

1．“选择要镶嵌的对象”按钮

临时关闭该对话框以便选择要转换为网格对象的对象。命令行提示：

选择对象: *选择三维实体、三维曲面、三维面、多边形或多面网格、面域以及闭合多段线 或 直接回车*

……

选择对象:



如果对提示选择对象，将直接把选择的对象按对话框的其他各栏的设置转换为网格，并且各栏的设置将是以后三维实体等对象转换为网格的默认设置。

如果对提示不选择对象而是直接回车，则将仅为以后三维实体等对象转换为网格的指定默认设置。



图 5-25 “网格镶嵌选项”对话框

2.“网格类型和公差”栏

指定转换为三维网格对象的对象的默认特性。注意，增加网格面数的设置可能降低程序性能。

（1）“网格类型(T)”下拉列表

指定转换中要使用的网格类型，单击该下拉列表，从中选择“平滑网格优化”、“主要象限点”或“三角形”之一。

平滑网格优化：将对像转换为具有较少面的优化网格对象类型，以适应网格对象的形状。

主要象限点：将网格面设置成大多数为四边形的形状。

三角形：将网格面设置成大多数为三角形的形状。

网格类型由系统变量“FACETERMESHTYPE”控制，初始值为 0。表 5-4 是“FACETERMESHTYPE”的取值。

表 5-4 “FACETERMESHTYPE”的取值

0	对象将转换为具有较少面的优化网格对象类型
1	面大多为四边形
2	面大多为三角形

（2）网格与原始面的距离(A)

设置网格面与原始对象的曲面或形状之间的最大偏差，由系统变量“FACETERDEVSURFACE”控制。“FACETERDEVSURFACE”的值反映经转换的网格对象与实体或曲面的原始形状的相近程度，可取任意非负数，初始值为 0.001。“FACETERDEVSURFACE”值越小，偏差越小，创建的面越多，网格精确度越高，但可能

会影响程序性能。如果将“FACETERDEVSURFACE”的值设置为 0，可关闭此选项。网格类型为“主要象限点”或“三角形”时此项才可用。

（3）新面之间的最大角度(A)



设置两个相邻面的曲面法线之间的最大角度，由系统变量“FACETERDEVNORMAL”控制。“FACETERDEVNORMAL”的初始值为 40，可取 0～180 的任意非负数。增大该值会增加高曲率区域中网格的密度，同时降低较平整区域中的密度。如果“网格与原始面的距离”的值（FACETERDEVSURFACE）很大，则可以增大最大角度值。如果要优化小细节（例如孔或圆角）的外观，则此设置非常有用。网格类型为“主要象限点”或“三角形”时此项才可用。

（4）新面的最大宽高比(R)

设置新网格面的最大宽高比（高度/宽度），由系统变量“FACETERGRIDRATIO”控制。初始值为 0，允许值的范围为 0～100。使用此值可避免出现狭长的面。指定以下值将会出现不同的结果。

0（零）：忽略宽高比限制。

1：指定高度和宽度必须相同。

大于 1：设置高度可以超出宽度的最大比例。

大于 0 小于 1：设置宽度可以超出高度的最大比例。

此选项不影响转换之前为平面的面。

（5）新面的最大边长(E)

设置在转换为网格对象过程中创建的任意边的最大长度，由系统变量“FACETERMAXEDGELENGTH”控制。默认值为 0（零），可以取任意非负数。值越大，则网格面越少，与原始形状之间附着精度越低，但能够提高程序性能。通过减少该值可以改善会导致狭长面的转换。

3．“为图元实体生成网格”栏

指定将三维实体图元对象转换为网格对象时要使用的设置。

“为三维图元实体使用优化的表示法(O)”复选框：指定将图元实体对象转换为网格对象时要使用的设置，由系统变量“FACETERPRIMITIVEMODE”控制（取值 0 或 1）。选中此复选框可使用在“网格图元选项”对话框中指定的网格设置。清除此复选框可使用在“网格镶嵌选项”对话框中指定的设置。

“为图元生成网格(M)”按钮：单击该按钮，打开“网格图元选项”对话框。此按钮仅在“为三维图元实体使用优化的表示法”处于选中状态时可用。

4．“镶嵌后平滑网格”栏

指定将对象转换为网格后要应用于该对象的平滑度。该栏仅在“网格类型”为“平滑网格优化”时可用。“网格类型”为“主要象限点”或“三角形”时，转换的网格对象的平滑度为零。

（1）“镶嵌后应用平滑度(Y)”复选框

设置转换新网格对象后是否对这些对象进行平滑处理。选中此复选框可应用平滑化。

（2）“平滑度(L)”文本框

为新网格对象设置平滑度，由系统变量“FACETERSMOOTHLEV”控制（取值为 0～3 的整数）。在文本框输入 0 以消除平滑度，输入一个正整数表示增加的平滑度。

该文本框仅在“镶嵌后应用平滑度”处于选中状态时可用。

5．“预览”按钮

单击“预览”按钮，在绘图区域中显示当前设置的效果。按〈Enter〉键接受更改。要再次显示对话框，请按〈Esc〉键。

5.6 通过转换创建网格

使用“meshsmooth”命令可将三维实体、曲面和传统网格对象转换为增强的网格对象，以便利用平滑化、优化、锐化和拆分等功能。

将图元实体对象转换为网格时可获得最稳定的结果。也就是说，结果网格与原实体模型的形状非常相似，如图 5-26 所示。

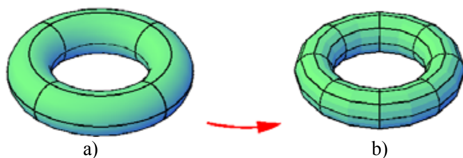


图 5-26 实体圆环转换位网格圆环

a) 实体 b) 网格

也可转换其他类型的对象，这些对象包括三维实体、三维曲面、三维面、传统多边形和多面网格对象、面域、闭合多段线和使用“3DFACE”创建的对象。对于上述对象，通常可以通过调整转换设置来改善结果。

5.6.1 调整网格转换设置

如果转换未获得预期效果，可尝试更改“网格镶嵌选项”对话框中的设置。例如，如果“平滑网格优化”网格类型致使转换不正确，可以将镶嵌形状设置为“三角形”或“主要象限点”。

还可以通过设置网格与原始面的距离、新面之间的最大角度、新面的最大宽高比和新面的最大边长来控制与原形状的相似程度。图 5-27 显示了使用不同的镶嵌设置转换三维实体为网格的效果（此处系统变量“VSEDGES”为 1）。

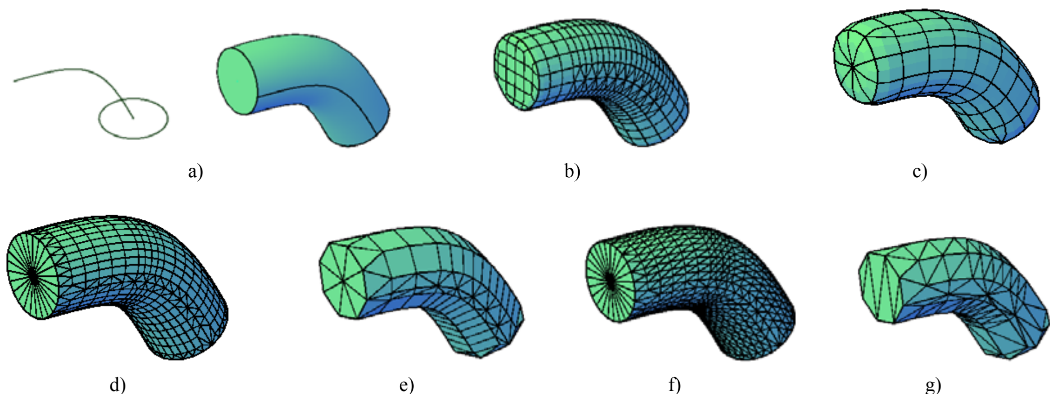


图 5-27 使用不同的镶嵌设置转换三维实体为网格的效果

a) 用放样生成的实体 b) 平滑网格优化（新面的最大边长=10） c) 平滑网格优化（新面的最大边长=30）
d) 主要象限点：网格与原始面的距离=0.2 新面之间的最大角度=0 新面的最大宽高比=0 新面的最大边长=30
e) 主要象限点：网格与原始面的距离=2 新面之间的最大角度=75 新面的最大宽高比=0 新面的最大边长=30
f) 三角形：网格与原始面的距离=0.2 新面之间的最大角度=0 新面的最大宽高比=0 新面的最大边长=30
g) 三角形：网格与原始面的距离=2 新面之间的最大角度=0 新面的最大宽高比=0 新面的最大边长=60

如果转换的是图元实体对象，“网格镶嵌选项”对话框会使用与创建图元网格对象的默认设置相同的默认设置。

5.6.2 将三维对象转换为网格

应用“meshsmooth”命令，可将三维实体和曲面等对象转换为网格，如图 5-28 所示，从而利用三维网格的细节建模功能。

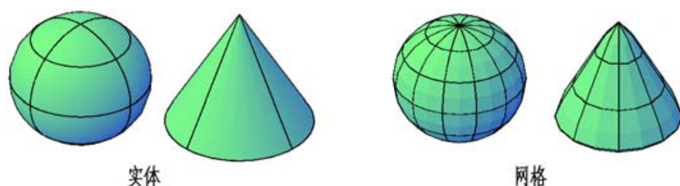


图 5-28 应用“meshsmooth”命令将三维实体转换为网格

命令的输入方式有：

- 命令：meshsmooth
- 工具栏：平滑网格→平滑对象
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→网格(M)→平滑网格(S)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡或“网格”选项卡→“网格”面板→

命令输入后提示：

选择要转换的对象：*选择要转换为网格对象的对象*

……

选择要转换的对象：↙

默认网格设置是在“网格镶嵌选项”对话框中进行定义的。转换时的平滑度取决于此对话框中设置的网格类型。如果未在“网格镶嵌选项”对话框中选中复选框“镶嵌后应用平滑度(Y)”，则不对转换后的对象执行平滑处理。

要将网格对象转换为三维曲面或实体，使用“convtosolid”或“convtosurface”命令，请参看第 11 章。

第6章　三 维 操 作

这一章讨论在三维空间中的三维操作，包括三维移动，三维旋转、对齐，三维对齐，三维镜像，三维阵列等。这里的三维操作适用于实体、曲面及网格对象。

6.1　三维移动命令

在三维视图中，使用三维移动命令“3dmove”可以随意移动对象，同时，也可以利用选择对象后显示的三维移动小控件，沿轴或在平面上移动三维对象。命令的输入方式有：

- 命令：3dmove ↙
- 工具栏：建模→三维移动
- 下拉菜单：修改(M)→三维操作(3)→三维移动(M)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“修改”面板→ 三维移动

命令输入后提示：

选择对象：*用任何一种选择方式选择对象*

“选择对象：”的提示重复出现，直至回车结束选择对象，三维移动小控件（参看 7.4 节）显示在选定对象的中心，同时命令行提示：

指定基点或 [位移(D)] <位移>：

接下来是两种操作方式：

1）回答“指定基点或 [位移(D)] <位移>：”提示。即不管小控件，对主提示如下回答：

指定基点或 [位移(D)] <位移>：*输入一点作为基点 或 输入 “D”回车 或 直接回车*

指定移动的基点和目标点进行移动，或者按位移移动，这与二维移动命令“move”的操作一样，接下来操作过程省略。应当注意的是，这里是在三维空间环境下进行的，输入点应是三维点（三维直角坐标、柱面坐标或球面坐标）。

2）不回答“指定基点或 [位移(D)] <位移>：”提示，使用三维移动小控件移动对象。将光标悬停在小控件的轴或沿平面移动的矩形标识上，待亮显为黄色，单击鼠标左键，将移动约束到轴或平面。或通过小控件右键菜单的“设置约束”子菜单选择约束轴或平面，然后按提示移动对象。详细过程参看 7.4.4 节。此时的小控件的右键菜单也可随时使用。

6.2　三维旋转命令

在三维视图中，三维旋转命令“3drotate”可借助小控件旋转三维对象。命令的输入方式有：

- 命令：3drotate ↙
- 工具栏：建模→三维旋转
- 下拉菜单：修改(M)→三维操作(3)→三维旋转(R)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“修改”面板→三维旋转

命令输入后提示：

选择对象：*用任何一种选择方式选择要旋转的对象*

“选择对象：”的提示重复出现，直至回车结束选择对象，三维旋转小控件显示在选定对象的中心，同时命令行提示：

指定基点：

接下来是两种操作方式：

1）回答“指定基点：”提示，过程如下：

指定基点：*键盘输入点 或 移动光标到合适位置单击鼠标左键输入点　*指定基点后小控件重新定位**

拾取旋转轴：*光标移动到三维小控件的要绕其旋转的轴控制柄上，直至其变为黄色，然后单击*

指定角的起点或输入角度：*输入角的起点 或 移动光标到合适位置单击鼠标左键输入起点 或 输入旋转角度结束命令*

指定角的端点：*输入角的端点 或 移动光标（对象动态旋转）到合适位置单击鼠标左键输入旋转角的端点。*

2）不回答“指定基点：”提示，完全使用小控件旋转对象。将光标悬停在小控件的轴控制柄上，待亮显为黄色，单击鼠标左键，将旋转约束到轴上。或通过小控件右键菜单的“设置约束”子菜单选择旋转约束轴，然后按提示旋转对象。详细过程参看 7.4.5 节。此时小控件的右键菜单也可随时使用。

建议读者使用小控件旋转对象。

6.3　三维缩放命令

在三维视图中，三维缩放命令“3dscale”可以整体缩放实体、曲面及网格对象，也可以沿轴或沿平面缩放三维网格对象。命令的输入方式有：

- 命令：3dscale ↙
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“修改”面板→三维缩放

命令输入后提示：

选择对象：*用任何一种选择方式选择对象*

“选择对象：”的提示重复出现，直至回车结束选择对象，三维缩放小控件显示在选定对象的中心，同时命令行提示：

指定基点：

接下来是两种操作方式：

1）回答“指定基点：”提示，过程如下：

指定基点：*键盘输入点 或 移动光标到合适位置单击鼠标左键输入点　*指定基点后小控件重新定位**

拾取比例轴或平面：*将光标悬停在三维缩放小控件的沿轴缩放轴上（或沿平面缩放的平面标识条上，或沿全部轴统一缩放的区域上），待轴（或平面标识条，或区域）亮显为黄色，单击该轴（或平面标*

*识条，或区域） *注意，实体、曲面仅能沿全部轴统一缩放，网格对象可以沿轴、沿平面、沿全部轴统一缩放**

指定比例因子或[复制(C)/参照(R)] <当前值>: *输入比例因子 或 输入“C”、“R”之一回车*

“复制(C)”选项可以使原对象保持不变，在缩放对象的同时进行多重复制。“参照(R)”选项可以使用参考长度来确定比例因子。

2）不回答“指定基点：”提示，使用小控件缩放对象。直接将光标悬停在三维缩放小控件的沿轴缩放轴上（或沿平面缩放的平面标识条上，或沿全部轴统一缩放的区域上），待轴（或平面标识条，或区域）亮显为黄色，单击该轴（或平面标识条，或区域），然后按提示缩放对象。也可以通过小控件的右键菜单的“设置约束”子菜单选择约束轴或平面或统一缩放。详细过程参看 7.4.6 节。此时小控件的右键菜单也可随时使用。

6.4 对齐命令

使用“align”命令可通过移动、旋转或倾斜对象来使该对象（源对象）与另一个对象（目标对象）对齐。即在二维或三维空间中指定一对、两对或三对源点和目标点，使三维对象上的点（或线、面）对齐。命令的输入方式有：

- 命令：align ↙
- 下拉菜单：修改(M)→三维操作(3)→对齐（L）
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“修改”面板→修改▾下拉按钮菜单→对齐

命令输入后，命令行提示：

选择对象:*选择被移动、旋转或倾斜的源对象*

……

选择对象:

指定第一个源点:*在源对象上指定第一个源点*

指定第一个目标点:*在目标对象上指定第一个目标点*

指定第二个源点:*在源对象上指定第二个源点 或 直接回车*

指定第二个目标点:*在目标对象上指定第二个目标点*

指定第三个源点或 <继续>:*在源对象上指定第三个源点 或 直接回车*

指定第三个目标点:*在目标对象上指定第三个目标点*

选择了源点和目标点后，会在源点和目标点之间显示出临时对应线。

如果对提示“指定第二个源点:”直接回车，对齐操作只是进行了一次移动，使第 1 个源点和第 1 个目标点重合，命令即结束。

如果对提示“指定第三个源点或<继续>:”直接回车，对齐操作是进行了一次移动和一次转动，即将第 1 个源点和第 1 个目标点重合；转动则使第 1 和第 2 源点所定义的直线与第 1 和第 2 目标点所定义的直线方向一致。此时命令还提示是否按比例缩放源对象为目标对象第一目标点和第二目标点间的长度：

是否基于对齐点缩放对象？[是(Y)/否(N)] <否>:*输入“N”回车或直接回车，源对象缩放为固定对象第一目标点和第二目标点间的距离；输入“N”回车则只对齐不缩放*

图 6-1 是将曲面与网格长方体（系统变量“VSEDGES”为“2”）对齐的效果，原图如图 6-1a 所示，图 6-1b 是对齐时不缩放对象的效果，图 6-1c 是对齐时缩放对象的效果。

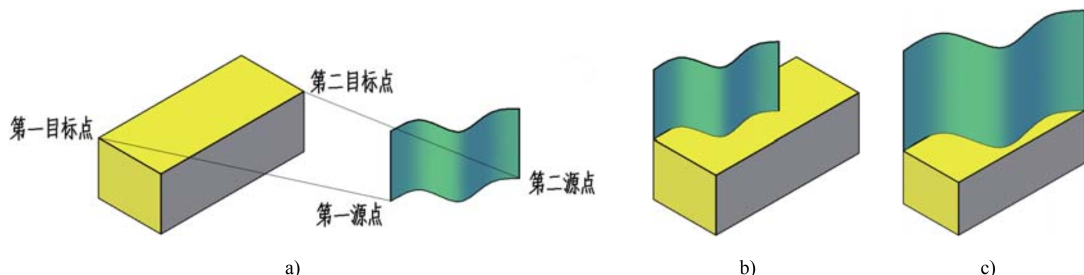


图 6-1 两对源点和目标点对齐

a) 将曲面与网格长方体按图中的点对齐 b) 对齐时不缩放对象 c) 对齐时缩放对象

如果指定了三对点，对齐操作将进行一次移动和两次转动：首先将第 1 个源点移到第 1 个目标点；第一次转动是将第 1 和第 2 源点所定义的直线与第 1 和第 2 目标点所定义的直线方向变得一致；第二次转动是将 3 个源点所形成的平面与 3 个目标点所形成的平面重合。



为对齐准确，可利用对象捕捉。

图 6-2 是把楔形体与长方体对齐的效果。

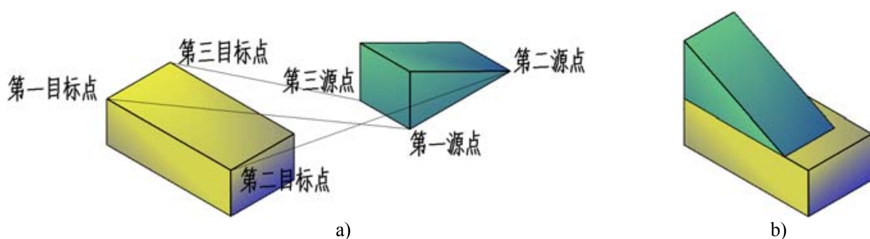


图 6-2 把楔形体与长方体对齐

a) 把楔形体与长方体按图中的点对齐 b) 对齐后的效果

6.5 三维对齐命令

“3dalign”命令也可通过移动、旋转或倾斜对象来使该对象与另一个对象对齐。其方法是先为源对象指定一个、两个或三个点来定义源平面，然后再为目标对象指定一个、两个或三个点来定义目标平面，使两平面对齐。

注意，如果目标是现有实体对象上的平面，则可以通过打开动态 UCS 来使用单个点定义目标平面，从而加速对目标平面的选择。

命令的输入方式有：

- 命令：3dalign
- 工具栏：建模→三维对齐
- 下拉菜单：修改(M)→三维操作(3)→ 三维对齐(A)

● 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“修改”面板→三维对齐

命令输入后提示：

选择对象:

……

选择对象:

指定源平面和方向...

指定基点或 [复制(C)]: *在源对象上指定基点（第一个点） 或 输入“C”（创建对齐后源对象仍保留副本）回车*

指定第二个点或 [继续(C)] <C>: *在源对象上指定第二个点 或 输入“C”回车或直接回车将直接转到“指定第一个目标点：”*

指定第三个点或 [继续(C)] <C>: *在源对象上指定第三个点 或 输入“C”回车或直接回车*

指定目标平面和方向...

指定第一个目标点: *在目标对象上指定第一个目标点*

指定第二个目标点或 [退出(X)] <X>: *在目标对象上指定第二个目标点 或 输入“X”回车或直接回车*

指定第三个目标点或 [退出(X)] <X>: *在目标对象上指定第三个目标点 或 输入“X”回车或直接回车*

上述是在为源对象指定三个点定义源平面，为目标对象也指定三个点定义目标平面时的对齐过程，即三个源对象上的点对齐目标对象上的三个点。事实上还有其他各种情形。

一个源对象上的点对齐目标对象上的一个点：如果对提示“指定第二个点或 [继续(C)] <C>：”输入“C”回车或直接回车，将直接转到“指定第一个目标点：”。指定第一个目标点后，如果对接下来的提示“指定第二个目标点或 [退出(X)] <X>：”输入“X”回车或直接回车，对齐结束，如图 6-3 所示。此时，源对象的基点将被移动到目标对象的第一个目标点，此过程默认源对象的“X”轴和“Y”轴平行于当前 UCS 的 X 和 Y 轴。

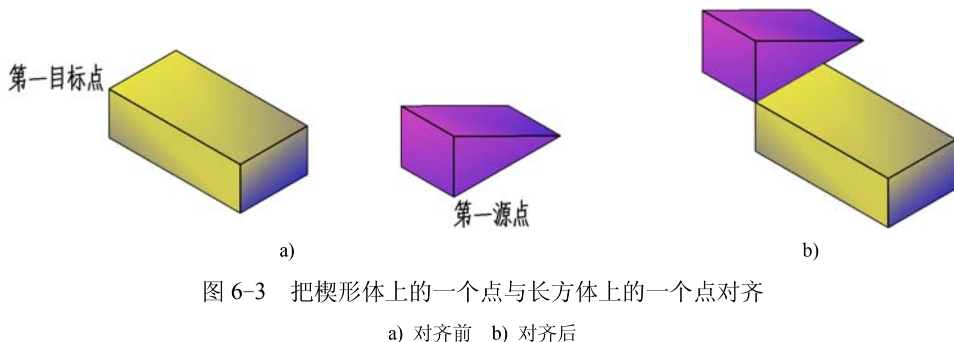


图 6-3 把楔形体上的一个点与长方体上的一个点对齐

a) 对齐前 b) 对齐后

两个源对象上的点对齐目标对象上的一个点或两个点：如果对提示“指定第二个点或 [继续(C)] <C>：”指定第二个点，而对提示“指定第三个点或 [继续(C)] <C>：”输入“C”回车或直接回车，则两点构成源对象的“X”轴方向，与当前 UCS 的 X 轴方向一致。接下来转到“指定第一个目标点：”。指定第一个目标点后，如果对接下来的提示“指定第二个目标点或 [退出(X)] <X>：”输入“X”回车或直接回车，源对象的基点将被移动到目标对象的第一个目标点，对齐结束，这是两个源对象上的点对齐目标对象上的一个点。如果对提示“指定第二个目标点或 [退出(X)] <X>：”在目标对象上指定第二个目标点，则两点构成目标对象

的“X”轴方向，再对接下来的提示“指定第三个目标点或 [退出(X)] <X>:”输入“X”回车或直接回车，则源对象的“X”轴与目标对象的“X”轴对齐，命令结束，这是两个源对象上的点对齐目标对象上的两个点，如图 6-4 所示。



图 6-4　把楔形体上两个点与长方体上两个点对齐

a) 对齐前　b) 对齐后

对于对齐的其他情形，一个源对象上的点对齐目标对象上的两个点，一个源对象上的点对齐目标对象上的三个点，两个源对象上的点对齐目标对象上的三个点，三个源对象上的点对齐目标对象上的一个点，三个源对象上的点对齐目标对象上的两个点，读者可以试之，但其结果都是源对象的“X”轴和“Y”轴与当前的 UCS 的 XY 平面平行，不再叙述。

6.6　三维镜像命令

“mirror3d”三维命令可将指定的对象相对于一空间平面进行镜像。命令的输入方式有：

- 命令：mirror3d
- 下拉菜单：修改(M)→三维操作(3)→ 三维镜像(D)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“修改”面板→三维镜像

命令输入后提示：

选择对象：*选择要被镜像的对象*

……

选择对象：

指定镜像平面(三点)的第一个点 或[对象(O)/最近的(L)/Z 轴(Z)/视图(V)/XY 平面(XY)/YZ 平面(YZ)/ZX 平面(ZX)/三点(3)] <三点>：*输入镜像平面上的第一点 或 输入一个选项的关键字后回车*

上述主提示的各选项都是确定镜像平面的形式，各选项说明如下。

1．指定镜像平面(三点)的第一个点和三点(3)

该选项为首选项和默认选项，要求输入 3 个点，3 个点所确定的平面就是镜像平面。输入第一个点后会继续提示：

在镜像平面上指定第二点：*输入镜像平面上的第二点*

在镜像平面上指定第三点：*输入镜像平面上的第三点*

是否删除源对象？[是(Y)/否(N)] <否>：*输入“Y”回车删除源对象，直接回车或输入“N”回车不删除源对象*

2．对象(O)

该选项的作用是要求选择一个对象，将对象所在的平面作为镜像平面。有效的对象包括圆、圆弧和多段线。选择此选项后将提示：

选择圆、圆弧或二维多段线线段：*选择一个圆、圆弧或二维多段线*

是否删除源对象？[是(Y)/否(N)] <否>: *确定是否删除源对象*

图 6-5 是楔形体以空间圆弧为镜像平面的镜像结果。

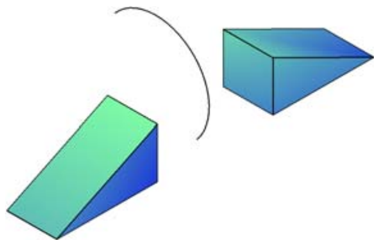


图 6-5　以圆弧为镜像平面镜像楔形体

3．最近的(L)

选择此选项，将使用最近所使用的镜像平面再一次作为镜像平面进行镜像。如果存在最近所使用的镜像平面，将提示：

是否删除源对象？[是(Y)/否(N)] <否>: *确定是否删除源对象*

如果没有最近所使用的镜像平面，系统将提示：

之前没有使用平面

并返回到主提示。

4．Z 轴(Z)

选择此选项，将用两个点定义镜像平面的 Z 轴（即镜像平面的法线方向）。镜像平面通过第一点且与其 Z 轴（即镜像平面的法线方向）垂直。选择此选项后的提示为：

在镜像平面上指定点: *输入镜像平面上一点*

在镜像平面的 Z 轴(法向)上指定点: *输入镜像平面的法线上一点*

是否删除源对象？[是(Y)/否(N)] <否>: *确定是否删除源对象*

此种方法对于以一个对象自身的平面作为镜像平面时的镜像操作非常方便，如图 6-6 所示。

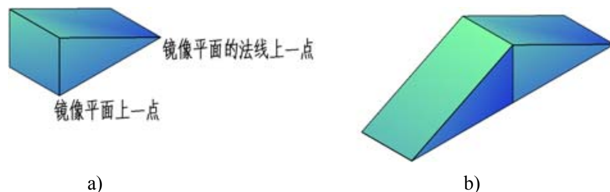


图 6-6　以一个对象自身的平面作为镜像平面

a) 镜像前　b) 镜像后

5．视图（V）

该选项要求输入一个点，镜像平面将会通过该点且平行于当前视图平面。选择此选项后的提示为：

在视图平面上指定点 <0，0，0>: *输入镜像平面上的一点*

是否删除源对象？[是(Y)/否(N)] <否>: *确定是否删除源对象*

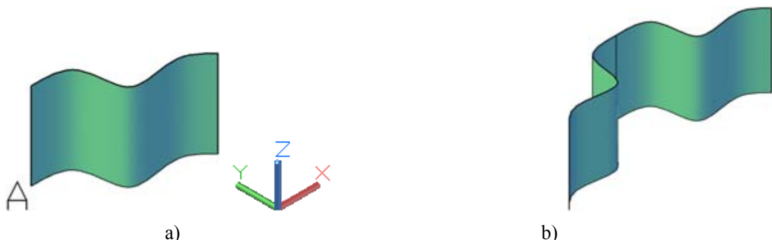
6．XY 平面（XY）/ YZ 平面(YZ) / ZX 平面(ZX)

这三个选项是分别把与当前 UCS 的 XY、YZ、ZX 平面平行的平面作为镜像面。选择三个选项之一后的提示为：

指定 XY [或 YZ 或 ZX]平面上的点 <0，0，0>: *输入与 XY（YZ、ZX）平面平行的平面通过的点*

是否删除源对象？[是(Y)/否(N)] <否>: *确定是否删除源对象*

图 6-7 是曲面以过点 A 且与当前 UCS 的 YZ 平面平行的平面为镜像平面的镜像结果。



a) b)

图 6-7 以 YZ 平面为镜像平面

a) 镜像前 b) 镜像后

6.7 三维阵列命令

“3darray”命令可将选择的对象进行有规律的多重复制。命令的输入方式有：

- 命令：3darray ↙
- 工具栏：建模→三维阵列
- 下拉菜单：修改(M)→三维操作(3)→ 三维阵列(3)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡→“修改”面板→三维阵列

命令输入后，命令行提示：

选择对象：*选择要被阵列的对象*

……

选择对象：↙

输入阵列类型 [矩形(R)/环形(P)] <矩形>：*直接回车或输入 R 回车进行矩形阵列，输入“P”回车进行环形阵列*

下面分别对矩形阵列和环形阵列进行说明：

1．矩形阵列

在矩形阵列中，要指定行数（Y 方向）、列数（X 方向）和层数（Z 方向），以及行、列、层之间的间距。接下来提示：

输入行数 (---) <1>：*输入阵列的行数*

输入列数 (|||) <1>：*输入阵列的列数*

输入层次数 (...) <1>：*输入阵列的层数*

指定行间距 (---)：*输入阵列的行间距*

指定列间距 (|||)：*输入阵列的列间距*

指定层间距 (...)：*输入阵列的层间距*

行、列、层间距可以互不相同，可以从键盘输入，也可以在屏幕上指定两个点，由 AutoCAD 测量间距。如果间距值为正值，阵列将沿着 X、Y、Z 轴正方向排列；如果为负值，阵列将沿着 X、Y、Z 轴负方向排列。图 6-8 是把长方体按 3 行、2 列、2 层阵列的效果。

2．环形阵列

对提示“输入阵列类型 [矩形(R)/环形(P)] <矩形>：” 输入“P”回车，将使对象作环形阵列，这时要指定阵列对象的数量、阵列填充的角度、阵列对象是否绕阵列旋转轴旋转，以

及确定旋转轴。命令行将提示：

输入阵列中的项目数目：*输入阵列对象的数目，包括原来的对象*

指定要填充的角度 (+为逆时针, -为顺时针) <360>：*输入一个角度，或直接回车接受默认角度 360°*

旋转阵列对象？ [是(Y)/否(N)] <是>：*确定是否要旋转阵列对象*

指定阵列的中心点：*输入旋转轴上的第一点*

指定旋转轴上的第二点：*输入旋转轴上的第二点*

环形阵列的结果在与旋转轴垂直的平面内。图 6-9 是长方体绕半圆环阵列 8 项的效果。

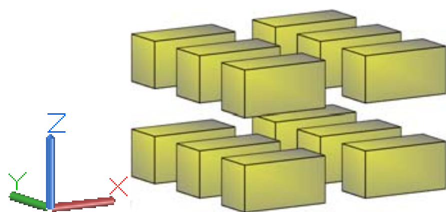


图 6-8　矩形阵列

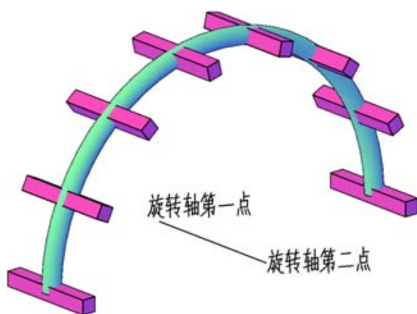


图 6-9　长方体绕半圆环阵列



第 7 章　三维对象、子对象的修改

这一章讨论三维对象修改的辅助方法，包括“特性”选项板、夹点编辑、子对象的选择、小控件修改等。一些方法只适用于三维实体、曲面或网格，一些方法适用于所有对象。

7.1　使用“特性”选项板修改三维对象

可以在“特性”选项板中通过更改三维对象的设置来修改三维对象。可以修改整体三维对象（例如实体、曲面和网格）的特性，也可以修改特定部件（称为子对象）：面、边和顶点。

在 1.5 节介绍了多种打开“特性”选项板的方法，在用“特性”选项板修改三维对象时，可先打开“特性”选项板，然后选择对象；也可先选择对象，再打开“特性”选项板。

1．修改图元形状

图元实体形状包括形如长方体、楔体、棱锥体、球体、圆柱体、圆锥体和圆环体的一些基本形状。每种类型的图元实体均具有独特的特性。通过在“特性”选项板中更改设置，可以修改基本尺寸、高度和形状特征。例如，如图 7-1 所示，要把四棱锥更改为八棱台，在“特性”选项板的“几何图形”栏，更改“顶面半径”为非 0 值，更改“侧面”为 8。

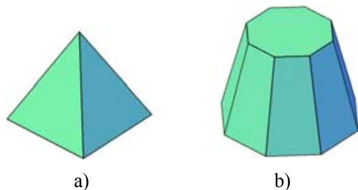


图 7-1　在“特性”选项板中把四棱锥更改为八棱台
a) 变形前　b) 变形后

2．设置是否保留复合对象历史记录

对于已重新组合为复合对象的三维实体，可以选择保留历史记录子对象。“特性”选项板的“实体历史记录”栏控制这些历史记录的可用性和显示。

3．修改三维实体或曲面的设置

在“特性”选项板的“几何图形”栏，可修改三维实体的几何特性设置。

对于放样实体或曲面，可修改其横截面上的曲面控制等。

对于旋转实体或曲面，可修改其旋转角度等。

对于扫掠实体或曲面，可修改其轮廓旋转、扭曲程度、缩放程度等。

对于拉伸体或曲面，可修改其高度、倾斜角等。

4．修改三维实体的子对象特性

在“特性”选项板中还可修改三维实体、曲面和网格对象的子对象（指实体、曲面或网格对象的面、边或顶点）的特定特性。不同类型的子对象具有不同的特性。要在“特性”选项板中显示子对象特性，要采用选择子对象的方法（如按住〈Ctrl〉键）。

5．修改网格对象

在“特性”选项板中修改网格对象的平滑度等，修改网格对象的子对象的锐化类型。

7.2　使用夹点编辑三维实体和曲面

未经复合、剖切、编辑等操作的单个实体和曲面，利用夹点可以更改其大小和形状。经复合、剖切、编辑等操作对象，利用夹点可以将其移动。用夹点编辑三维实体或曲面的方法及效果，取决于被编辑对象的类型以及创建该对象使用的方法。

7.2.1 夹点编辑的方法

在不执行任何命令时选中对象，对象上将出现夹点。对象不同，其上夹点的形状、位置不同，其作用也不同。图 7-2 是长方体上的各夹点的作用。

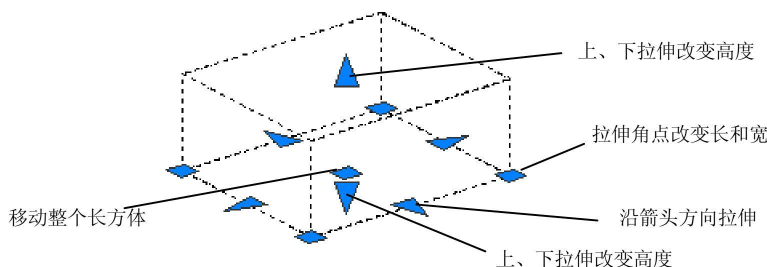


图 7-2　长方体上各夹点的作用

1. 可能的提示

使用夹点编辑应首先使其成为红色热点（选中状态），方法是单击夹点，然后根据命令行提示操作。若要同时选择多个夹点使其成为热点，应按住〈Shift〉键再依次单击各夹点。命令行将出现如下几种可能的提示：

指定点位置或[基点(B)/放弃(U)/退出(X)]:

或

** 移动 **

指定移动点或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/退出(X)]:

或

** 拉伸 **

指定拉伸点或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/退出(X)]:

下面就最后一个形式的提示予以说明，其他形式的提示参照此理解。

"** 拉伸 **

指定拉伸点或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/退出(X)]: *"是可切换的五种夹点编辑模式（拉伸、移动、旋转、比例缩放、镜像）提示，可用以下方式在五种夹点编辑模式之间循环切换：*

1）在提示下输入关键字“MO”(move)、“R”（rotate）、“MI”(mirror)、“SC”（scale）、“ST”（stretch）后回车。

2）在提示下按空格键或回车键，五种模式循环切换。

3）在选中状态夹点上单击鼠标右键，弹出一个菜单，该菜单中列出了夹点编辑模式下的所有选项，从中选择编辑模式或选择修改特性等。

2．回答方式

（1）对上述提示的回答方式

1）对首选项“指定拉伸点：”可用以下几种方式响应：

a）输入点的坐标后回车，完成拉伸。

b）移动鼠标到合适的点，单击鼠标左键指定新拉伸点。当移动鼠标时，可以动态地看到对象从基点拉伸的过程。

c）输入一个长度值。如果希望通过夹点拉伸一个确定长度，这时对提示输入一个长度值回车，图形对象按橡皮筋的方向伸长或缩短该值。

2）基点（B）选项：默认的拉伸基点是光标拾取的夹点，如果需要的话，在提示下输入“B”，对接下来“指定基点：”的提示，可输入另一个点作为新的基点。

3）复制（C）选项：原对象保持不变，在拉伸对象的同时进行多重复制，在提示下输入“C”，然后输入点的坐标或用鼠标来指定复制的目标点。

4）放弃（U）选项：在提示下输入“U”将取消多重复制的最近一次的复制。

5）退出（X）选项：这是退出夹点编辑模式的选项。

（2）对于其他夹点编辑模式

对** 旋转 **夹点编辑模式“指定旋转角度”的回答是：移动鼠标拖动对象动态旋转，待到合适的位置单击鼠标左键确定旋转角度。也可从键盘输入角度值，即对象从当前方向绕基点旋转的角度。正角度为逆时针旋转，负角度为顺时针旋转。

对** 比例缩放 **夹点编辑模式“指定比例因子”的回答是：键盘输入比例因子，大于 1 的比例因子放大对象。0～1 的比例因子缩小对象。此时通过移动鼠标拖动对象不容易掌握比例因子的大小。

7.2.2 单个实体或曲面的夹点编辑

1．图元实体和多段体

可由夹点更改图元实体和多段体的形状和大小以及位置。例如，可以更改圆锥体的高度和底面半径，而不丢失圆锥体的整体形状。图 7-3 是拖动顶面半径夹点将圆锥体变为具有平顶面圆台的效果。

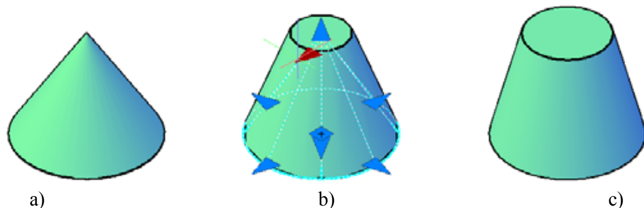


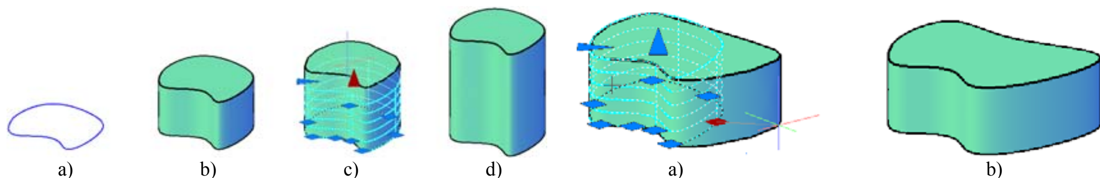
图 7-3 拖动顶面半径夹点将圆锥体变为圆台

a) 圆锥体 b) 拖动夹点 c) 变为圆台

2．拉伸形成的实体和曲面

选中拉伸形成的实体和曲面，编辑其顶部的夹点可修改对象的高度，如图 7-4 所示。编辑轮廓（定义拉伸实体或曲面形状的原始轮廓）夹点可以修改对象的整体形状，如图 7-5 所示。





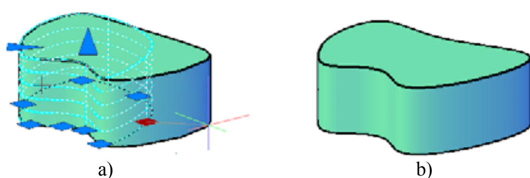


图 7-4　编辑拉伸形成的实体的顶部夹点

a) 曲面　b) 拉伸形成实体　c) 编辑夹点　d) 修改形状

图 7-5　编辑拉伸形成的实体的轮廓夹点

a) 编辑夹点　b) 编辑夹点后的效果

如果拉伸是沿扫掠路径创建的，编辑轮廓夹点将改变断面形状或大小，如图 7-6 所示；编辑其余夹点改变其弯曲状态或长度，如图 7-7 所示。

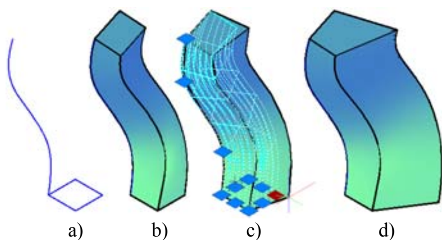


图 7-6　编辑拉伸形成的实体（沿路径扫掠）的轮廓夹点

a) 扫掠路径　b) 形成实体　c) 编辑夹点　d) 改变后的形状

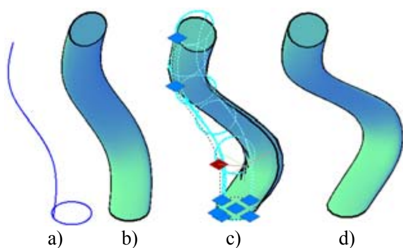


图 7-7　编辑拉伸形成的实体（沿路径扫掠）的路径夹点

a) 扫掠路径　b) 形成实体　c) 编辑夹点　d) 改变后的形状

3. 扫掠形成的实体和曲面

扫掠形成的实体和曲面将在扫掠截面轮廓以及扫掠路径上显示夹点。编辑轮廓夹点改变断面形状或大小，如图 7-8 所示；编辑其余夹点改变其弯曲状态或长度（在三维线框样式下显示所有夹点），如图 7-9 所示。

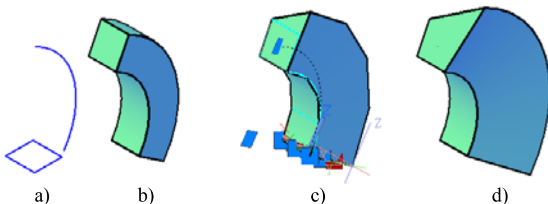


图 7-8　编辑扫掠形成的实体的轮廓夹点

a) 扫掠路径　b) 形成实体　c) 编辑夹点　d) 改变后的形状

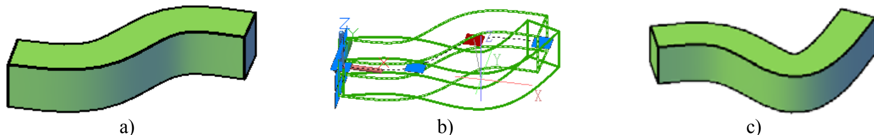


图 7-9　编辑扫掠形成的实体的路径夹点

a) 实体　b) 编辑夹点　c) 改变后的形状

4. 放样形成的实体和曲面

放样形成的实体和曲面在横截面、路径上显示夹点。图 7-10 是编辑放样对象的中间横截面夹点的效果；图 7-11 是编辑包含路径的放样对象的端部横截面夹点的效果。横截面的中心夹点可改变高度（或长度）。

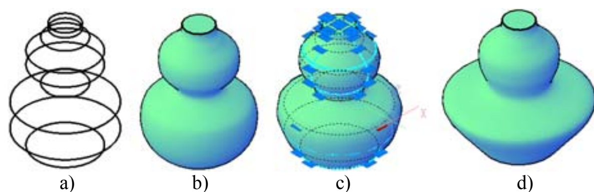


图 7-10 编辑放样形成的实体的中间横截面夹点

a) 放样截面 b) 形成实体 c) 编辑夹点 d) 改变后的形状

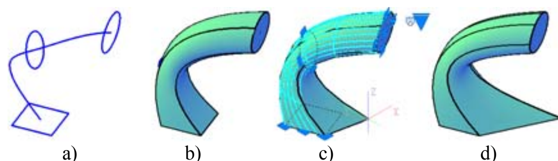


图 7-11 编辑放样形成的实体（包含路径）的端部横截面夹点

a) 放样截面 b) 形成实体 c) 编辑夹点 d) 改变后的形状

用户不能使用夹点来修改使用导向曲线创建的放样实体或曲面。

5．旋转实体和曲面

旋转形成的实体和曲面在位于其起点上的旋转轮廓上和旋转轴上显示夹点。图 7-12 是编辑旋转轮廓上夹点的效果；图 7-13 是编辑旋转轴上夹点的效果，编辑旋转轴上的夹点可以重新定位旋转轴。图 7-14 是编辑旋转曲面的旋转轮廓上点的效果。

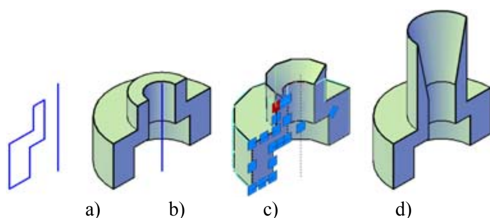


图 7-12 编辑旋转轮廓上的夹点

a) 旋转轮廓 b) 形成实体 c) 编辑夹点 d) 形变后的形状

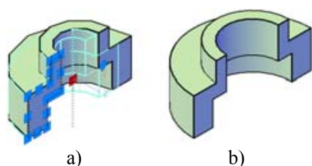


图 7-13 编辑旋转轴上的夹点

a) 编辑夹点 b) 形变后的形状

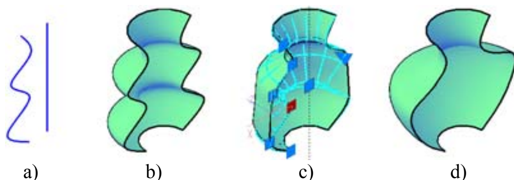


图 7-14 编辑旋转曲面的旋转轮廓上的点

a) 旋转轮廓 b) 形成曲面 c) 编辑夹点 d) 改变形状

7.3 子对象的选择及编辑

实体、曲面、网格的面、边和顶点称为三维对象的子对象。可以通过选择三维对象的子对象对实体、曲面或网格进行编辑。

7.3.1 选择三维子对象

1. 选择子对象的方法

选择三维对象的子对象分执行命令时选择和不执行命令选择两种情形：

1）一些命令（如“move”、“rotate”、“scale”、等）的“选择对象：”的提示可以“SU”回答，即命令提示有选择子对象选项“子对象(SU)”。对这类命令选择子对象有两种方法：

方法一：回答“选择对象：”时，输入“SU”回车，然后选择子对象（如果按住〈Shift〉键并再次单击某个子对象，子对象从选择集中删除）。

方法二：回答“选择对象：”时，按住〈Ctrl〉键，然后选择子对象。这两种方法选中的子对象上不会出现夹点。

选中子对象后，即可以按命令提示进行操作，图 7-15 是用旋转命令“rotate”选中四棱台下底面右边的棱，然后以下面的端点为基点，移动光标旋转的效果。图 7-16 是用移动命令“move”选中网格的一个面，然后以其右下角点为基点，向左前移动光标（系统变量“VSEDGES”为“1”）的效果。

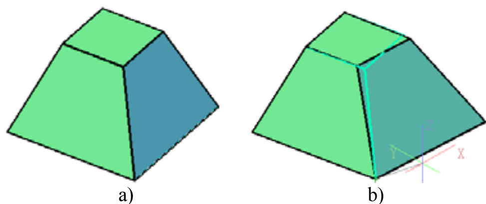


图 7-15 旋转四棱台的棱

a) 旋转前 b) 旋转后

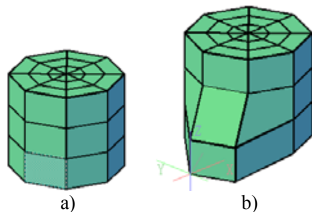


图 7-16 移动网格的一个面

a) 移动前 b) 移动后

2）如果是在不执行任何命令（即命令行为“命令：”状态下）选择子对象，方法是，先按住〈Ctrl〉键，然后选择子对象。此种方法选中的子对象上会出现夹点。

2. 子对象的夹点

在不执行任何命令时选择子对象，先按〈Ctrl〉键，选择面时，光标停留在面上单击鼠标左键；选择边时，光标停留在边上单击鼠标左键；选择点时，光标停留在点上单击鼠标左键。选择完成后松开〈Ctrl〉键。选定子对象会根据子对象的类型显示不同形状的夹点，且为默认的红色（选中状态），如图 7-17 所示。

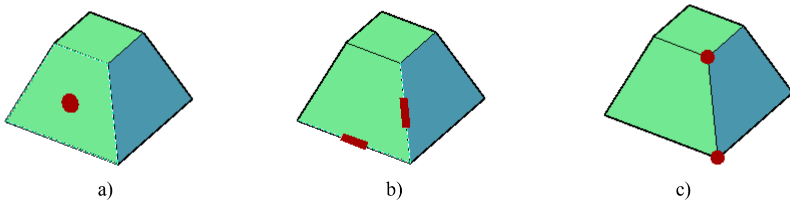


图 7-17 子对象的夹点

a) 面的夹点 b) 边的夹点 c) 点的夹点

可以连续选择多个三维对象上的一个或多个子对象，且选择集可以包含多种类型的子对象，如图 7-18 所示。

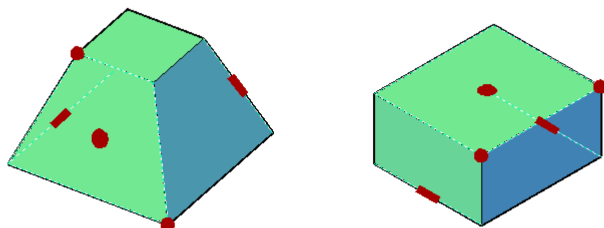


图 7-18 同时选择多个子对象

按住〈Shift〉键并再次单击某个子对象，子对象上的夹点变成默认的蓝色（未选中状态）。

3. 控制子对象夹点激活状态的系统变量

在不执行命令时按住〈Ctrl〉键并单击子对象，系统变量“GRIPSUBOBJMODE”设置是否立即激活子对象夹点，即夹点为选中状态（红色）还是待选中状态（蓝色）。如果系统变量“GRIPSUBOBJMODE”的值为 1，选择子对象时，将激活边夹点、面夹点和顶点夹点，这对于快速成组修改网格对象上的面、边和顶点特别有用。系统变量“GRIPSUBOBJMODE”的取值见表 7-1。

表 7-1 系统变量“GRIPSUBOBJMODE”的值

0	首次选中子对象时，其夹点处于未激活状态（蓝色），要选定多个子对象的夹点使其成为热点（红色），按住〈Shift〉键再次单击子对象上的夹点
1	选中子对象时，子对象上的夹点处于激活状态（红色），如果选中了多个子对象，这些子对象即作为一个编组（都是热点），只要单击其中一个夹点即可进行共同修改，而无需再次单击所有这些夹点

4. 选择复合三维实体上的子对象

如果将复合实体的“历史记录”特性设置为“记录”（历史记录子对象是并集、差集或交集操作过程中删除的原始对象的一部分），按住〈Ctrl〉键选择复合实体上的面、边或顶点时，第一次可能会选择历史记录子对象；继续按住〈Ctrl〉键并再次拾取可以选择原始形状上的面、边或顶点。在图 7-19 中，按住〈Ctrl〉键，用鼠标左键第一次单击棱台的前面（注意不要单击球面），得到图 7-19a 的效果，按住〈Ctrl〉键再次单击棱台的前面，得到图 7-19b 的效果。



a) b)

图 7-19 选择复合实体的子对象

a) 按住〈Ctrl〉键第一次单击棱台的前面 b) 按住〈Ctrl〉键再次单击棱台的前面

5. 隐藏对象的亮显

在三维视图中，某些对象或子对象可能会隐藏在其他对象或子对象后面。对于三维对象的隐藏对象，子对象剔除系统变量“CULLINGOBJ”控制光标悬停在对象上或窗口选择对象时，是否亮显隐藏对象。图 7-20 是应用子对象剔除的效果。

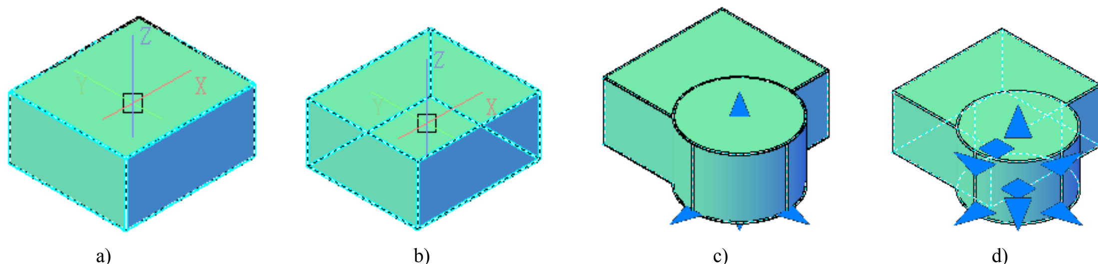


图 7-20　子对象剔除

a) 应用子对象剔除（光标悬停在对象上）　b) 无子对象剔除（光标悬停在对象上）

c) 应用子对象剔除（窗口选择对象）　d) 无子对象剔除（窗口选择对象）

“CULLINGOBJ”取值如表 7-2 所示。

表 7-2　系统变量“CULLINGOBJ”的取值

0	无子对象剔除 将鼠标悬停于三维对象上时，会亮显所有三维子对象（包括隐藏的子对象） 通过窗口选择三维对象时，会选择所有三维子对象（包括隐藏的子对象）
1	应用子对象剔除 将鼠标悬停于三维对象上时，仅会亮显在当前视图中可见的子对象 通过窗口选择三维对象时，将仅选择在当前视图中可见的子对象

改变“CULLINGOBJ”取值的方式有：

1）在命令行输入“CULLINGOBJ”回车，对“输入‘CULLINGOBJ’的新值 <当前值>：”的提示以 0 或 1 响应。

2）在三维建模空间的功能区的“常用”选项卡、“实体”选项卡或“网格”选项卡的“子对象”面板中，单击按钮，“CULLINGOBJ”取值在 0 和 1 之间转换。

6．选择隐藏对象或子对象

（1）按住〈Ctrl+空格〉组合键选择隐藏的对象或子对象

要选择的隐藏的对象或子对象，按住〈Ctrl+空格〉组合键，光标在三维对象上移动，可见的和隐藏的子对象将循环亮显，待要选择的子对象亮显后，释放空格键并单击鼠标左键（始终按住〈Ctrl〉键），即选中子对象。

例如，选择长方体上的隐藏边时，按住〈Ctrl+空格〉组合键，移动光标到隐藏的棱上，待其亮显，单击鼠标左键选中隐藏边，如图 7-21 所示。

在“选项”对话框中的“选择集”选项卡的“选择集预览”栏的两个复选框选中时（这也是默认设置），选择隐藏面较为方便。

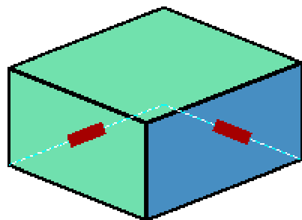


图 7-21　选择隐藏面

（2）打开“选择循环”选择隐藏的对象或子对象

为了准确选择到要选的子对象，可打开“选择循环”。单击状态栏上的按钮，在打开和关闭“选择循环”之间切换。

当打开“选择循环”时，在按住〈Ctrl〉键选择子对象或使用子对象选择过滤器选择子对象时，光标移动到三维对象上单击鼠标左键后，光标旁会出现“选择集”列表框，如图 7-22 所示。“选择集”列表框显示当前选择位置有几个可选子对

象，将光标在列表里上下移动，子对象动态亮显，且显示夹点（如果小控件可用，还会出现小控件），待想要的子对象亮显时，单击鼠标左键，子对象选择完成。

如图 7-22，在长方体顶面上（稍偏左）单击鼠标左键，出现“选择集”列表框，如图 7-22a 所示；单击“选择集”列表框的第一行，如图 7-22b 所示。如果光标移动到“选择集”列表框的第二行上，得到图 7-22c 的效果；单击“选择集”列表框的第二行，得到图 7-22d 的效果。

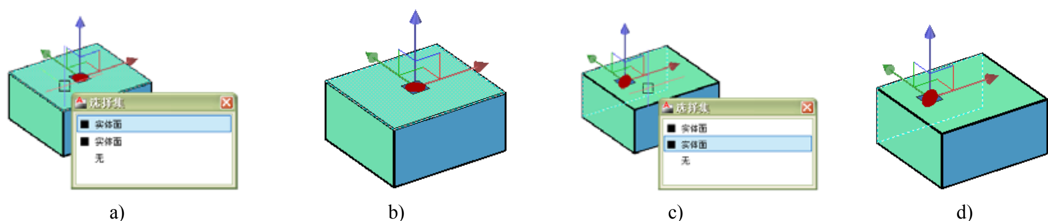


图 7-22 “选择集”列表框的应用

a) 光标在“选择集”列表框的第一行 b) 单击列表框第一行的结果

c) 光标在“选择集”列表框的第二行 d) 单击列表框第二行的结果

（3）“选择循环”的设置

在“草图设置”对话框的“选择循环”选项卡中设置“选择循环”。在按钮上单击鼠标右键，打开菜单，选择“设置(S)…”，打开“草图设置”对话框“选择循环”选项卡，如图 7-23 所示。

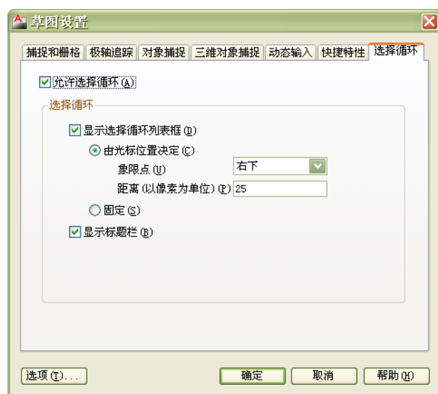


图 7-23 “草图设置”对话框“选择循环”选项卡

1）“允许选择循环”复选框：选中该框，即打开“选择循环”。

2）“选择循环”栏：中有如下选项。

“显示选择循环列表框”复选框：选中该框，当光标移动到三维对象上单击鼠标左键后，光标旁会出现“选择集”列表框。

“由光标位置决定”单选按钮：选中该项，“选择集”列表框随光标在三维对象上单击鼠标左键的位置不同而不同。从“象限点”下拉列表指定“选择集”列表框在光标的什么位置。在“距离(以像素为单位) ”文本框指定光标与“选择集”列表框之间的距离。

“固定”单选按钮：选中该项，“选择集”列表框不随光标一起移动，仍在上次光标在

三维对象上单击鼠标左键的位置。若要更改列表框的位置，光标放在列表框上按住鼠标左键拖动。

“显示标题栏”复选框：不选中该框，将关闭“选择集”列表框的标题栏。这样可以节省一点屏幕空间。

7.3.2 应用子对象选择过滤器

在复杂对象（例如网格）上选择特定类型的子对象可能会非常困难。通过设置子对象选择过滤器，可以将选择限制到面、边、顶点或历史记录子对象。子对象选择过滤器对于选择子对象的各种方法都适用。此设置存储在系统变量“SUBOBJSELECTIONMODE”中。

使用子对象选择过滤器的方法是：

方法一：在不执行任何命令时，单击鼠标右键，从右键快捷菜单的子菜单“子对象选择过滤器”中选择。

方法二：在三维建模空间的功能区的“常用”选项卡、“实体”选项卡以及“网格”选项卡的“子对象”面板中的“无过滤器”下拉按钮菜单中选择。各过滤器图标如表 7-3 所示。

方法三：按表 7-3 中的组合键。

方法四：从命令行输入系统变量“SUBOBJSELECTIONMODE”，对其提示以表 7-3 第一列中的值回答。

表 7-3　系统变量“SUBOBJSELECTIONMODE”的取值及图标

值	组合键	按钮图标	选择类型	光标旁显示图标
0	〈Shift+F1〉		关闭子对象过滤，以便可以选择所有类型的对象	
1	〈Shift+F2〉		顶点过滤处于打开状态，仅可选择顶点	
2	〈Shift+F3〉		边过滤处于打开状态，仅可选择边	
3	〈Shift+F4〉		面过滤处于打开状态，仅可选择面	
4	〈Shift+F5〉		历史记录子对象过滤处于打开状态，仅可选择复合对象的历史子对象	

如果子对象选择过滤器处于打开状态，光标旁边将显示表 7-3 最右边一列的图标之一，选择三维模型的面、边或顶点，不需要再按〈Ctrl〉键。但若要选择整个对象，则需要关闭过滤器。

如果光标旁出现图标，则不可选择对象。

使用子对象过滤器使得选择子对象非常方便，建议多应用。

7.3.3 使用子对象夹点编辑三维对象

选中子对象后，其夹点即为默认的红色（选中状态），此时再单击夹点，命令行将提示：

```
** 拉伸 **
指定拉伸点或 [基点(B)/放弃(U)/退出(X)]:
```

这是可切换的五种夹点编辑模式（拉伸、移动、旋转、比例缩放、镜像）提示，关于此提示的回答方式，可参照 7.2.1 节理解。

通过拉伸、移动、旋转、比例缩放、镜像子对象上的夹点，可以修改三维对象。图 7-24

是对选中的长方体顶面夹点应用比例缩放编辑模式。图 7-25 是对选中的网格的顶点夹点应用拉伸编辑模式（系统变量“VSEDGES”为“1”）。



图 7-24 对顶面夹点比例缩放（比例因子为 0.5）

a) 选中顶面 b) 应用比例缩放后

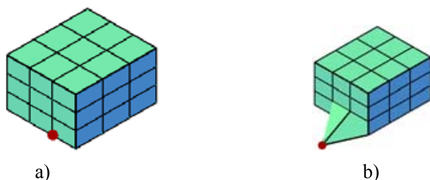


图 7-25 对网格的顶点夹点拉伸

a) 选中顶点 b) 拉伸选中的顶点


注意 有时虽然操作的是子对象的夹点，但结果影响整个对象。例如，在移动模式下，无论是移动面还是边或顶点，都是移动整个三维对象。

7.4 使用小控件修改对象

使用小控件可以移动、旋转或缩放三维视图中的对象和子对象。

7.4.1 使用小控件概述

小控件是图 7-23 所示的控制工具，可以帮助用户沿三维轴或平面移动、旋转或缩放一组对象。有三种小控件：

三维移动小控件：沿轴或平面移动选定对象，如图 7-26a 所示。

三维旋转小控件：绕指定轴旋转选定对象，如图 7-26b 所示。

三维缩放小控件：沿指定平面或轴或沿全部三条轴统一缩放选定对象，如图 7-26c 所示。

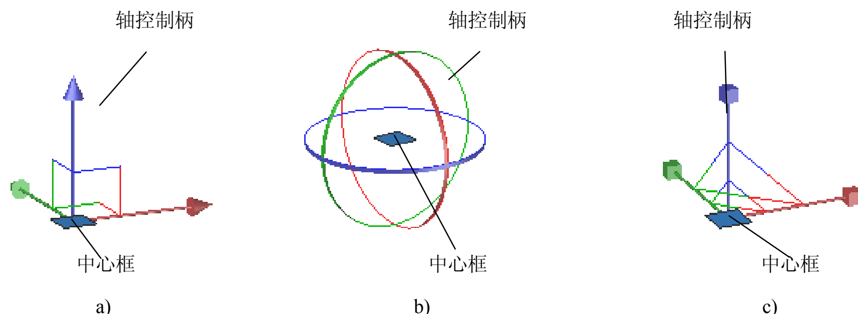


图 7-26 三维小控件及各小控件的中心框和轴控制柄

a) 三维移动小控件 b) 三维旋转小控件 c) 三维缩放小控件

只能在三维视觉样式中使用小控件。

默认情况下，在不执行命令（即在命令行是“命令：”状态下），选择视图中具有三维视觉样式的对象或子对象时，会自动显示小控件。

在使用“3dmove”、“3drotate”及“3dscale”命令时，都要求选择对象，一旦选择对象结束，小控件会自动显示。如果在视觉样式为“二维线框”时对三维视图对象使用“3dmove”、“3drotate”或“3dscale”命令，会自动将视觉样式转换为三维线框，并显示相应的小控件。

由于小控件沿特定平面或轴约束所做的修改，因此，他们有助于获得更理想的结果。

7.4.2 小控件的使用和切换

可以指定选中对象后要显示的小控件，也可以禁止显示小控件。小控件的是否使用和使用时的切换有以下几种方法。

（1）功能区

在“三维建模”空间的“常用”选项卡、“实体”选项卡以及“网格”选项卡的“子对象”面板上的下拉工具条（如图 7-27 所示）上选择“无小控件”或其他控件。

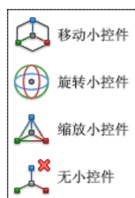


图 7-27　小控件下拉工具条

（2）使用系统变量

在命令行输入系统变量“DEFAULTGIZMO”，对其提示以表 7-4 的值回答。

表 7-4　系统变量“DEFAULTGIZMO”的值

0	默认情况下，在三维工作空间中选定某个对象后，将显示三维移动小控件
1	默认情况下，在三维工作空间中选定某个对象后，将显示三维旋转小控件
2	默认情况下，在三维工作空间中选定某个对象后，将显示三维缩放小控件
3	默认情况下，在三维工作空间中选定某个对象后，将不显示任何小控件

（3）按空格键

先选中对象，如果正在执行小控件操作（即在小控件上按住鼠标左键），重复按空格键，可以在其他类型的小控件之间循环切换。通过此方法切换小控件时，小控件活动会约束到最初选定的轴或平面上。

（4）右键菜单

执行小控件操作过程中，光标停留在小控件上，单击鼠标右键，打开右键菜单（如图 7-28），可从中选择其他类型的小控件。



图 7-28　小控件右键快捷菜单

小控件右键菜单各项意义如下：

1）移动：选中“移动”，将显示三维移动小控件。

2）旋转：选中“旋转”，将显示三维旋转小控件。

3）缩放：选中“缩放”，将显示三维缩放小控件。

4）设置约束：设置是否将更改约束到特定轴或平面。选项包括“X”、“Y”、“Z”、“XY”、“YZ”、“XZ”、“XYZ”。选择 X、Y 或 Z，将移动（或旋转或缩放）限制于指定轴；选择 XY、YZ 或 ZX，将移动（或旋转或缩放）限制于由两轴定义的平面；选择 XYZ，将比

例缩放统一应用于所有轴。注意，与大多数其他对象不同，网格对象支持不统一的比例。

例如，鼠标左键单击长方体，长方体上出现移动小控件。如果选中“X”，小控件的 X 轴控制柄将变为黄色，且显示与轴对齐的矢量（一条红色直线。X 轴为红线，Y 轴为绿线，Z 轴为蓝线）；此时移动光标，长方体上的小控件只能沿矢量移动，如图 7-29 所示。

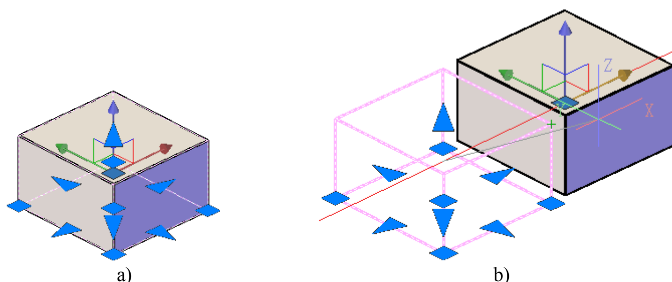


图 7-29 长方体上小控件沿 X 轴控制柄的矢量移动

a) 原位置 b) 移动后

5）重新定位小控件：将小控件移动到新的指定点。默认情况下，小控件最初置于选择集的中心位置。但是，可以将其重新定位在三维空间中的任意位置，方法是单击小控件的中心框，在其成为红色后移动光标，此时光标即小控件，到合适的位置单击鼠标左键，确定新的修改基点。如果选中“重新定位小控件”，其效果与单击小控件的中心框后移动光标一样，只是中心框仍是蓝色。重新定位小控件时要获得准确位置，可结合对象捕捉来定位夹点中心框。此行为相当于在用户移动或旋转选定对象时临时更改 UCS 的位置。图 7-30 是将小控件从长方体的默认位置重新定位于长方体右上角点的效果。

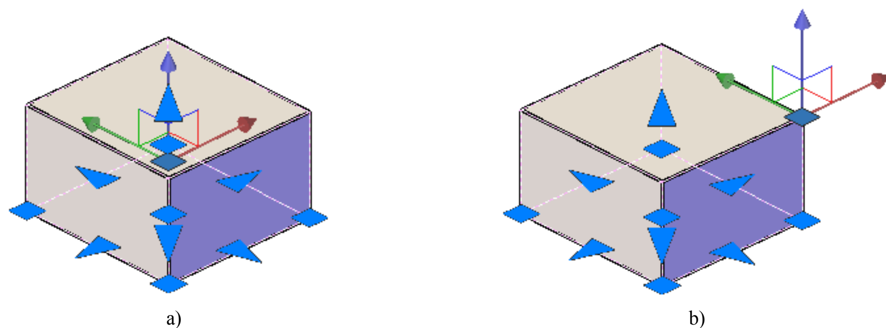


图 7-30 小控件重新定位

a) 小控件在长方体的默认位置 b) 重新定位小控件于长方体的右上角点

6）将小控件对齐到：更改小控件的轴控制柄与坐标系的对齐方式，有“世界 UCS”、“当前 UCS”和“面”三个选项。图 7-31a 说明如果选择“世界 UCS”，当单击长方体时，小控件的轴控制柄与世界坐标系的坐标轴方向一致。图 7-31b 说明若位于楔形体的左下角点的坐标系是当前用户坐标系，如果选择“当前 UCS”，单击与其相邻的长方体，小控件的轴控制柄与当前用户坐标系的坐标轴方向一致。图 7-31c、d 说明，如果选择“面”，当选择三维对象的子对象面时，小控件的中心框位于面的中心，X 轴控制柄和 Y 轴控制柄在面上。

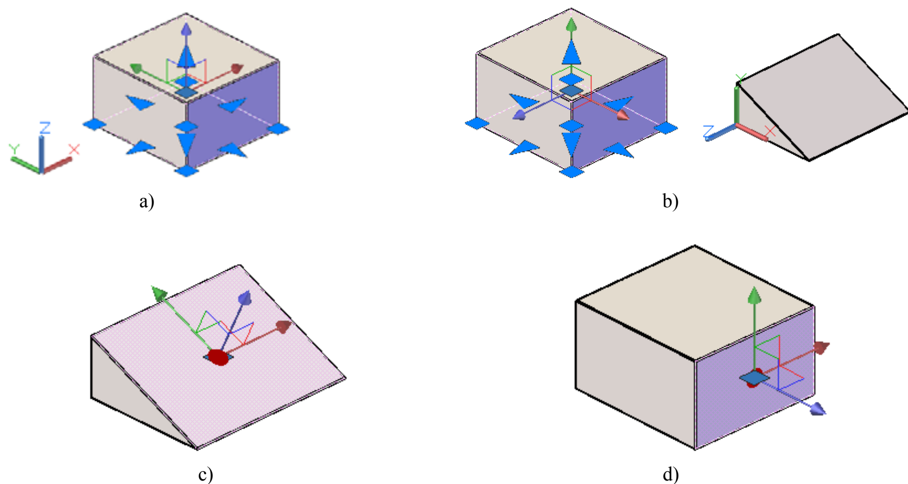


图 7-31　小控件对齐

a) 小控件对齐世界 UCS　b) 小控件对齐当前 UCS　c) 小控件对齐楔形体的斜面　d) 小控件对齐长方体的右前面

a）自定义小控件：允许用户通过指定一个、两个或三个点，或一个对象来定义当前小控件。

当选择该选项时，命令行提示：

指定小控件的原点：*输入一点作为小控件的中心框点*

指定 X 轴上的点或 <接受>：*输入一点作为 X 轴上一点　或　直接回车默认 X 轴*

指定 XY 平面上的点或 <接受>：*输入一点作为 XY 平面上一点　或　直接回车默认 XY 平面*

b）遵循动态 UCS：重定位小控件时，随着光标的移动，可将 UCS 的 XY 平面临时与面或边对齐。如图 7-32a 所示，单击长方体，移动小控件在长方体的默认位置。如果选中“遵循动态 UCS”重新定位小控件，单击小控件的中心框，将小控件移动到楔形体的斜面上，小控件的轴控制柄将与斜面的边平行，动态 UCS 的坐标轴平行于小控件的轴控制柄；如果位置允许，动态 UCS 的原点还会临时与斜面的角点重合，如图 7-32b 所示。小控件的轴控制柄的方向与从哪个边进入斜面的方向有关，图 7-32b 是从楔形体的左下进入斜面的效果。

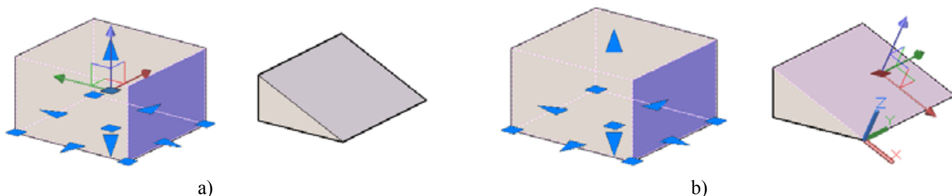


图 7-32　小控件遵循动态 UCS

a) 小控件在长方体的默认位置　b) 小控件重新定位于楔形体的斜面

7.4.3 影响小控件的系统变量

以下系统变量会影响小控件的显示：

1．默认小控件系统变量

系统变量“DEFAULTGIZMO”控制在三维视觉样式的视图中选择对象时，默认情况下

显示哪种小控件或关闭小控件的显示，系统变量的取值见表 7-4。

2. 默认位置系统变量

系统变量“GTLOCATION”设置小控件的默认显示位置。控制在三维视觉样式中，在没有启动命令（即命令行在“命令：”状态下）之前选择对象时，三维移动小控件、三维旋转小控件或三维缩放小控件显示的初始位置。小控件可以显示在选择集的中心（默认位置），也可以位于当前 UCS 的原点（0，0，0）处。系统变量“GTLOCATION”的取值见表 7-5。



表 7-5 系统变量“GTLOCATION”的值

0	将小控件置于 UCS 图标的相同位置。小控件的方向与当前 UCS 对齐
1	将三维移动小控件、三维旋转小控件或三维缩放小控件置于选择集的几何中心

3. 自动显示系统变量

系统变量“GTAUTO”设置在三维视觉样式下，启动命令前选择三维视图中的对象，是否自动显示小控件。此系统变量的默认值是 1，即启动命令前选择三维对象时显示小控件。系统变量“GTAUTO”的取值见表 7-6。无论“GTAUTO”取何值，在“3dmove”、“3drotate”和“3dscale”命令选择对象后都会显示小控件。

表 7-6 系统变量“GTAUTO”的值

0	在启动命令之前选择对象时，小控件不会自动显示
1	小控件在创建选择集后自动显示

4. 从二维移动、旋转和缩放操作到三维操作的转换系统变量

在三维视图中启动“move”、“rotate”和“scale”命令，且系统变量“GTDEFAULT”取值为 1 时，可以自动启动“3dmove”、“3drotate”和“3dscale”命令，即自动启动三维移动操作、三维旋转操作和三维缩放操作。默认情况下，此系统变量取值“0”。系统变量“GTDEFAULT”的取值见表 7-7。

表 7-7 系统变量“GTDEFAULT”的值

0	在三维视图中启动“move”、“rotate”或“scale”命令后，不自动启动“3dmove”、“3drotate”或“3dscale”命令
1	在三维视图中启动“move”、“rotate”或“scale”命令后自动启动“3dmove”、“3drotate”或“3dscale”命令

7.4.4 使用小控件移动三维对象

使用三维移动小控件可将移动约束到轴或平面上，使得三维对象在三维空间中的位置改变更加准确。

实际使用小控件时，根据需要可重新定位小控件于三维空间的合适位置（如图 7-30 是将小控件重新定位于长方体右上角点的效果），同时注意到小控件对齐到“世界 UCS”、“当前 UCS”还是“面”。



注意 应用小控件移动选定对象时，小控件的中心框是移动的基点，系统临时更改 UCS 的位置和方向，使其与小控件一致。

1．将移动约束到轴上

选择对象或子对象，对象或子对象出现移动小控件。将光标移到小控件的一条轴控制柄上稍停一会儿（称为“悬停”），将显示与轴对齐的矢量（一条向两端无限伸展的直线），且轴控制柄将亮显为黄色。单击轴控制柄，并移动光标时，选定的对象或子对象的移动将被约束到亮显的轴及其矢量上，即选定的对象或子对象只能沿轴方向移动；这个过程也可以通过小控件的右键菜单的“设置约束”子菜单选择约束轴。同时，小控件的中心框的初始位置是移动的基点，即该点暂时为（0，0，0）点。单击轴控制柄后，命令行出现移动提示：

** 移动 **

指定移动点或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/退出(X)]: *输入一点 或 输入“B”、“C”、“U”、“X”之一回车 或 直接输入移动距离值回车*

上述提示是三种小控件修改方式（移动、旋转、比例缩放）中的移动修改方式提示，可用以下方式在三种小控件修改方式之间循环切换：

1）在提示下输入关键字“MO”（move）、“R”（rotate）、“SC”（scale）后回车。

2）在提示下按空格键或回车键，三种模式循环切换。

对移动提示的回答方式是：

1）对首选项“指定移动点：”可用以下几种方式响应：

输入点的坐标后回车，完成移动。但注意，此时不论输入点的 X、Y、Z 坐标是何值，仅当前亮显的轴方向的坐标起作用，即沿着亮显轴的方向移动该轴的坐标值距离。

移动鼠标到合适的点，单击鼠标左键指定新位置点。当移动鼠标时，可以动态地看到对象从基点移动的过程。

输入一个值。如果希望沿轴移动一个确定距离，这时对提示输入一个距离值回车。

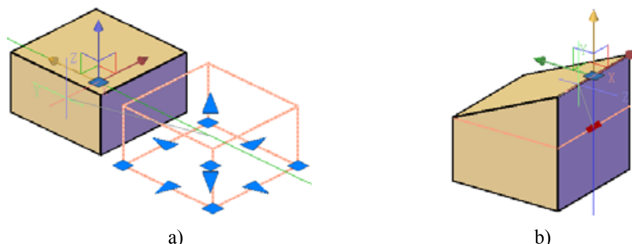
2）基点（B）选项：默认的移动基点是小控件的中心框的初始位置，如果需要的话，在提示下输入“B”，对接下来“指定基点：”的提示，可输入另一个点作为新的基点。要注意，无论怎样输入点（键盘输入或单击鼠标左键），仅当前亮显的轴方向的点坐标起作用，即新基点仍在亮显轴上，新基点与原基点的距离是输入点亮显的轴方向的点坐标值。

3）复制（C）选项：原对象保持不变，在移动对象的同时进行多重复制，在提示下输入回车，回到“指定基点……”的提示。

4）放弃（U）选项：在提示下输入“U”将取消多重复制的最近一次的复制。

5）退出（X）选项：退出小控件修改。

图 7-33a 是将长方体移动约束到 Y 轴上的过程；图 7-33b 是将长方体的一条边的移动约束到 Z 轴上的过程。



a)　　　　b)

图 7-33　将移动约束到轴上

a) 将对象的移动约束到 Y 轴上　b) 将子对象的移动约束到 Z 轴上

2．将移动约束到平面上

可以使用移动小控件将移动约束到平面上，即仅在平行于 XY 平面（或 XZ 平面或 YZ 平面）的平面上移动，如图 7-34 所示。在选择对象或子对象出现移动小控件后，由从轴控制柄的中间开始延伸的两条彩色细线与轴控制柄围成的矩形标识代表平面。将光标悬停到移动所在平面的矩形标识上，矩形及相应的轴控制柄亮显为黄色后，单击该矩形，移动光标，选定对象或子对象将仅沿亮显的平面移动。这个过程也可以通过小控件右键菜单的“设置约束”子菜单选择约束平面。此时，小控件的中心框的初始位置是移动的基点，即该点暂时为（0，0，0）点。单击该矩形后，命令行出现移动提示：

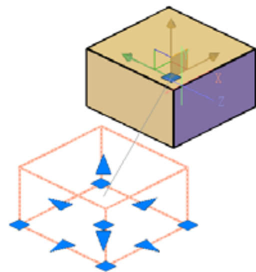


图 7-34 将移动约束到平行于 XZ 平面的平面上

** 移动 **

指定移动点或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/退出(X)]:

仅对首选项“指定移动点：”的回答方式予以说明，其余的读者可参考“1.将移动约束到轴上”。

对“指定移动点：”可用以下几种方式响应：

输入点的坐标后回车，完成移动。但注意，此时不论输入点的 X、Y、Z 坐标是何值，仅当前亮显的两轴方向的坐标起作用，非亮显轴的坐标值不起作用。

移动鼠标到合适的点，单击鼠标左键指定新位置点。不论视图中三维对象如何显示，新位置点事实上在亮显的两轴控制柄所确定的平面上。当移动鼠标时，可以动态地看到对象从基点移动的过程。

对提示移动光标（不论移动到视图中何位置，仍在亮显的两轴控制柄所确定的平面上），然后输入一个数值，该值即光标橡皮筋方向的移动距离。

对提示可以“角度替代”和“直接距离输入”回答。先对提示输入“<角度值”回车，则移动限制到平面的一条线上，接下来再对提示输入距离，这样，在亮显的两轴控制柄所确定的平面上的特定方向上移动确定的距离完成。图 7-34 就是将长方体在 X 轴控制柄和 Z 轴控制柄所确定的平面上沿 45º 线移动距离 50 的过程，其操作过程如下：

** 移动 **

指定移动点或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/退出(X)]: *<45* ↙

角度替代: *45* **注：此时，不论光标移到何处，橡皮筋总在 45° 线上或伸或缩**

指定移动点或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/退出(X)]: *50* ↙

7.4.5 使用小控件旋转三维对象

使用三维旋转小控件可以将三维对象和子对象的旋转约束到轴上。

选择要旋转的对象和子对象后，旋转小控件将位于选择集的中心，根据需要可重新定位旋转小控件于三维空间的合适位置。小控件的中心框是旋转的基点，并在用户旋转选定对象时临时更改 UCS 的位置，使其与小控件一致。

使用旋转小控件将旋转约束到轴上的方法是：将光标悬停在小控件一条旋转路径（即轴控制柄），将显示表示旋转轴的矢量线，且旋转路径（椭圆）亮显为黄色。单击旋转路径，

移动光标，可以动态地看到选定的对象或子对象将沿轴绕基点旋转；同时，还用一个基点为顶点，较深色的扇形表示对象或子对象从其原始位置旋转的度数。图 7-35 是把旋转小控件定位在长方体的右上角，将旋转约束到 Z 轴上的状态。这个过程也可以通过小控件右键菜单的“设置约束”子菜单选择约束轴。与此同时，命令行出现旋转提示：

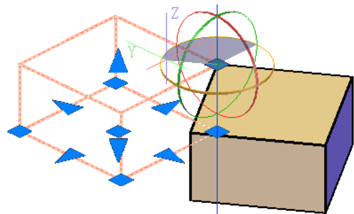


图 7-35　将旋转约束到 Z 轴上

** 旋转 **

指定旋转角度或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/参照(R)/退出(X)]: *输入旋转角度 或 输入 “B”、“C”、“U”、“R”、 “X” 之一回车*

仅对“指定旋转角度”和“参照(R)”选项予以说明，其余选项参看移动小控件修改方式对移动提示的回答。

若要选择“指定旋转角度”，可以移动光标到合适的位置单击，从而确定旋转角度。也可以从键盘输入旋转角度值。

“参照(R)”选项的作用是相对一个参照角度旋转选中对象。对旋转提示输入“R”回车后，命令行提示：

指定参照角 <0>: *输入一个参考角度 或 光标指定两个点确定参照角*

** 旋转 **

指定新角度或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/参照(R)/退出(X)]: *输入一个新角度 或 光标指定一个点确定新角度*

选中对象绕基点的实际旋转角度为：实际旋转角度=新角度－参考角度。

7.4.6 使用小控件缩放三维对象

使用三维缩放小控件可以统一更改实体、曲面和网格对象的大小。网格对象还可沿指定轴或平面进行缩放（实体和曲面不能沿指定轴或平面进行缩放）。

选择要缩放的对象和子对象后，缩放小控件将位于选择集的中心，根据需要可重新定位缩放小控件于三维空间的合适位置。小控件的中心框是缩放的基点，并在用户缩放选定对象时临时更改 UCS 的位置，使其与小控件一致。

1. 沿轴缩放网格对象

可以将网格对象的缩放约束到指定的轴上。将光标悬停在三维缩放小控件的轴上时，将显示表示缩放轴的矢量线，同时轴亮显为黄色，单击该轴，再移动光标，可以动态地看到小控件和选定的对象或子对象沿轴缩放；图 7-36 是对网格长方体将缩放约束到 Y 轴上的状态。这个过程也可以通过小控件右键菜单的“设置约束”子菜单选择约束轴。与此同时，命令行出现缩放提示：

** 比例缩放 **

指定比例因子或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/参照(R)/退出(X)]: *输入比例因子 或 输入 “B”、 “C”、“U”、 “R” 或 “X” 之一回车*

仅对“指定比例因子”和“参照(R)”选项予以说明，其余选项参看移动小控件修改方式对移动提示的回答。

对于“指定比例因子”，可以移动光标到合适的位置单击，从而确定比例因子。也可以从键盘输入比例因子值。

“参照(R)”选项的作用使用参考长度来确定比例因子。对缩放提示输入“R”回车后，命令行提示：

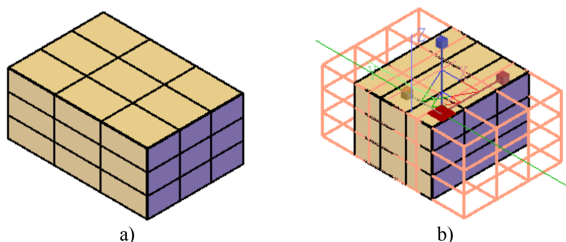


指定参照长度 <1.0000>: *输入一个参考长度值 或 光标指定两个点确定参照长度*

** 比例缩放 **

指定新长度或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/参照(R)/退出(X)]: *输入一个新长度值 或 光标指定一个点确定新长度*

此时，缩放比例值=新长度/参照长度。新长度值比参照长度值小，将使原对象缩小；新长度值比参照长度值大，则使原对象放大。这种方法根据新旧长度自动计算比例因子，当已知新旧长度值时用这种方法较好。



a) b)

图 7-36 对网格长方体将缩放约束到 Y 轴上

a) 缩放前 b) 缩放后

2．沿平面缩放网格对象

将网格对象的缩放约束到指定的平面上与将对象缩放约束到指定的轴上类似。

三维缩放小控件的平面标识称为平面标识条，是连接两个轴控制柄的两条双色直线，从中点分开其半条线与轴颜色相同。将光标悬停在平面标识条上时，标识条亮显为黄色，单击该条，再移动光标，可以动态地看到小控件和选定的对象或子对象沿平面缩放；图 7-37 是将小控件重新定位（或者用自定义小控件）于网格长方体的右上角点后，将缩放约束到 ZX 平面的状态。这个过程也可以通过小控件右键菜单的“设置约束”子菜单选择约束平面。与此同时，命令行出现缩放提示：

** 比例缩放 **

指定比例因子或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/参照(R)/退出(X)]: *输入比例因子 或 输入 “B”、 “C”、 “U”、 “R” 或 “X” 之一回车*

对上述提示的回答参照沿轴缩放网格对象

3．统一缩放三维对象

可将实体、曲面和网格对象沿全部轴统一缩放。沿全部轴统一缩放与前面两种约束缩放类似。

将光标悬停在小控件的中心框附近，亮显为黄色的两个对称的三角形区域将出现，单击该区域，再移动光标，可以动态地看到小控件和选定的对象或子对象的整体缩放；图 7-38 是同时选中网格长方体和曲面，统一缩放的状态。这个过程也可以通过小控件右键菜单的“设置约束”子菜单选择约束“XYZ”。与此同时，命令行出现缩放提示：

** 比例缩放 **

指定比例因子或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/参照(R)/退出(X)]: *输入比例因子 或 输入 “B”、 “C”、 “U”、 “R” 或 “X” 之一回车*

对上述提示的回答参照沿轴缩放网格对象

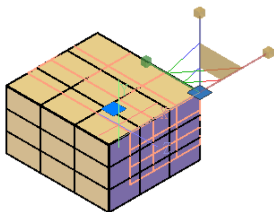


图 7-37　对网格长方体将缩放约束到 ZX 平面

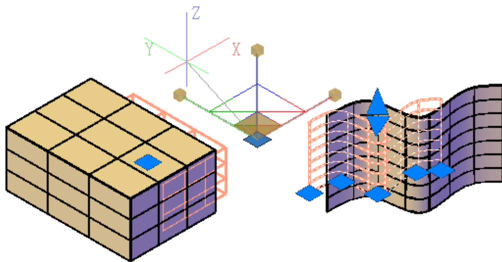


图 7-38　将选中的网格长方体和曲面统一缩放

7.5　移动、旋转和缩放三维子对象

可以通过移动、旋转和缩放三维实体的子对象（面、边和顶点）来修改三维实体的形状。

7.5.1　移动、旋转和缩放三维子对象概述

1．移动、旋转和缩放三维实体子对象的方法

可以移动、旋转和缩放三维实体上的子对象——面、边或顶点。方法与修改整个对象所用的方法相同，即：

拖动夹点：选择实体上的子对象，待其出现夹点，单击夹点后移动光标，通过单击鼠标或键盘输入修改点（或值）。

使用小控件：利用小控件移动、旋转和缩放三维实体上的子对象（包括使用命令“3dmove”、“3drotate” 和 “3dscale” 时出现的小控件）。

使用修改命令（move、rotate 和 scale）选择实体上的子对象，输入基点后移动光标，通过单击鼠标或键盘输入修改点（或值）。

移动、旋转或缩放子对象时，将以能够保持三维实体完整性的方式来修改子对象。例如，移动六棱台边时，相邻的面将调整，以便保持与该边相邻，如图 7-39 所示。

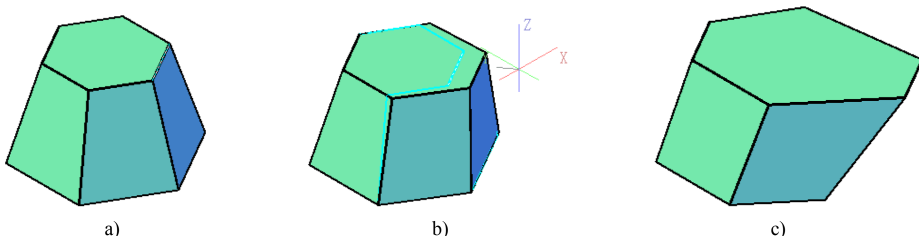


图 7-39　移动六棱台的边

a) 选中六棱台的边　b) 输入基点移动光标　c) 移动结束后的六棱台


注意

如果用户移动、旋转或缩放三维实体图元上的面、边或点，将删除实体图元的“几何图形”信息（可从“特性”选项板上查看）。实体不再是真实实体图元，无法再使用夹点或“特性”选项板对实体进行大小和形状的修改。未移动长方体的顶面选中图元长方体，可用夹点修改其高度和大小如图 7-40a 所示；移动长方体的顶面后选中长方体，可见仅有一个夹点，只能用夹点移动，它不再是如图 7-40b 所示的基本图元了。



图 7-40 移动长方体的顶面前后比较

a) 未移动长方体的顶面选中长方体 b) 移动长方体的顶面后选中长方体

2. 移动、旋转和缩放复合实体上的子对象

修改复合实体时，编辑的效果取决于“历史记录”特性的当前设置。

要分别修改每个历史记录部件的子对象，必须将“历史记录”特性设置为“记录”。

要作为整体修改组合复合实体的子对象，必须将“历史记录”特性设置为“无”。

3. 移动、旋转和缩放子对象时的规则和限制

只能移动、旋转和缩放三维实体上的子对象（如果该操作可以保持实体的完整性）。以下规则和限制适用于移动、旋转和缩放子对象：

1）使用夹点修改子对象时，在无法进行移动、旋转或缩放的子对象上不会显示夹点。

2）大多数情况下，用户可以移动、旋转和缩放平整面和非平整面。

3）只能修改是直线且至少具有一个相邻平整面的边。相邻平整面所在的平面将进行调整以包含已修改的边。

4）不能移动、旋转或缩放在面内压印的边（或其顶点）。

5）只能修改至少具有一个相邻平整面的顶点。相邻平整面所在的平面将进行调整以包含已修改的顶点。

6）拖动子对象时，最终结果可能与修改过程中显示的预览不同。如果调整实体几何图形以保持其拓扑结构，则将会出现此结果。在某些情况下，由于更改会严重改变实体的拓扑结构，因此修改无法实现。

7）如果修改导致拉伸样条曲线曲面，则该操作通常不会成功。

8）不能移动、旋转或缩放非流形边（由两个以上面共享的边）或非流形顶点。同样，如果某些非流形边或非流形顶点显示在修改的面、边和顶点旁边，则该操作可能无法实现。

7.5.2 移动、旋转及缩放三维实体上的面

可以通过拖动夹点、使用小控件或使用命令“move”、“rotate”和“scale”修改三维实体上面的位置、旋转和大小，未修改前的实体如图 7-41a、图 7-42a 所示。选择实体上的面

参看 7.3.1 节“1. 选择子对象的方法”。选中图 7-41a 的长方体顶面后，使用命令“move”、“rotate”和“scale”移动、旋转及缩放长方体顶面的效果如图 7-41b、图 7-41c、图 7-41d 所示（旋转时注意设置坐标系 UCS 的原点和方向）。

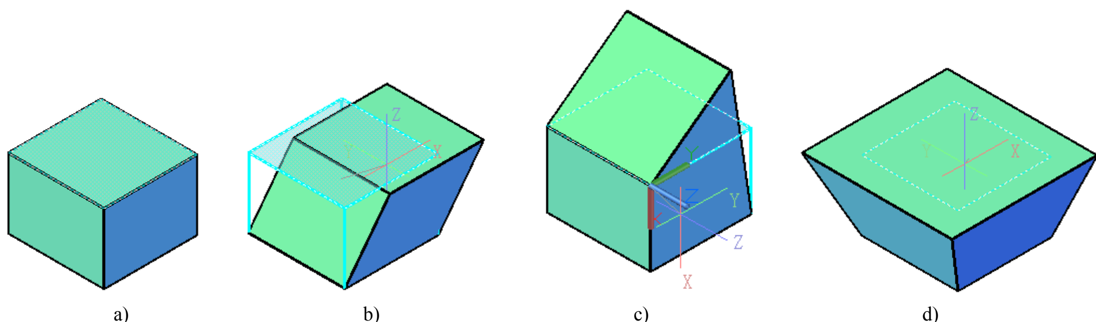


图 7-41　移动、旋转及缩放长方体的顶面

a) 选中长方体的顶面　b) 移动长方体的顶面　c) 旋转长方体的顶面　d) 缩放长方体的顶面

在移动、旋转或缩放实体对象的面时，移动光标的过程中按〈Ctrl〉键一次或多次可在修改选项之间循环。

使用移动命令“move”（和拖动夹点或使用小控件的方法结果一样），选中底面开槽的棱台顶面及指定基点后，上下垂直移动光标（打开正交或极轴追踪），不按〈Ctrl〉键及按〈Ctrl〉键一次和两次的结果如图 7-42 所示。

1）面的形状不变，修改相邻面：在移动或旋转面时，如果在移动鼠标过程中未按〈Ctrl〉键，该面的形状和大小保持不变；但是，相邻面所在的平面可能会发生变化，如图 7-42b 和图 7-43b 所示。

2）面的形状改变，保留边：在移动或旋转面时，如果在移动鼠标过程中按下并释放〈Ctrl〉键一次，将在相邻面的边界或底面范围内修改该面的大小，如图 7-42c 和图 7-43c 所示。

3）修改面，将相邻面分为三角形：在移动或旋转面时，如果在移动鼠标过程中按下并释放〈Ctrl〉键两次，选中面的大小和形状保持不变（如同尚未按〈Ctrl〉键一样）；但是，如果需要，会将相邻的平面分为三角形（分为两个或两个以上三角形平面），如图 7-42d 所示。

如果按下并释放〈Ctrl〉键三次，则修改将返回第一个选项（如同尚未按〈Ctrl〉键一样）。

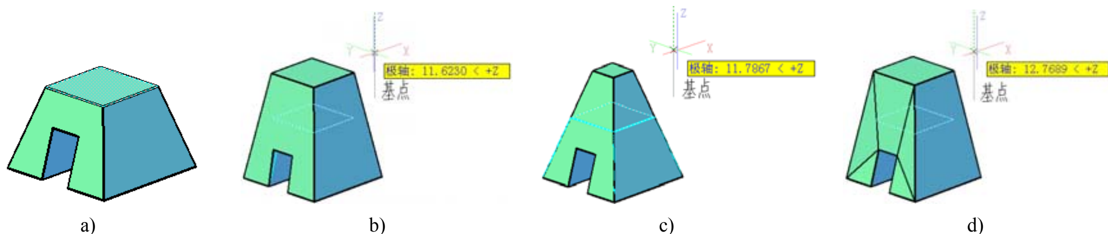


图 7-42　使用移动命令“move”移动顶面

a) 选择实体上的面　b) 不按〈Ctrl〉键　c) 按〈Ctrl〉键一次　d) 按〈Ctrl〉键两次

使用旋转命令“rotate”（注意选择合适的坐标系和旋转基点），选中开槽长方体的侧面及指定基点后，移动光标，不按〈Ctrl〉键及按〈Ctrl〉键一次的结果如图 7-43 所示。旋转

时，按两次〈Ctrl〉键与按一次〈Ctrl〉键结果相同。拖动夹点与使用小控件的方法结果一样，但夹点位置或小控件的位置是默认的。

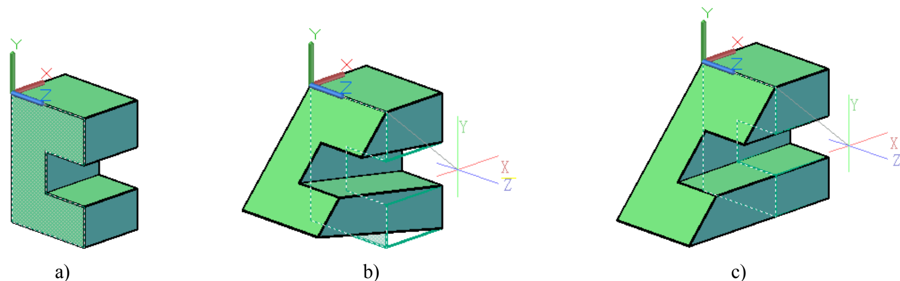


图 7-43 使用旋转命令“rotate”旋转侧面

a) 选择实体上的面 b) 不按〈Ctrl〉键移动光标 c) 按〈Ctrl〉键一次移动光标

7.5.3 移动、旋转及缩放三维实体上的边

可以通过拖动夹点、使用小控件或使用“move”、“rotate”和“scale”命令修改三维实体上的边。选择实体上的边参看 7.3.1 节“1. 选择子对象的方法”。

也可以使用“move”、“rotate”和“scale”命令移动、旋转和缩放面域的边，但选择面域上的边不显示夹点。

在移动、旋转或缩放实体对象的边时，移动光标的过程中按〈Ctrl〉键一次或多次可在修改选项之间循环。

用拖动夹点的方法移动边，选中底面开槽的棱台的一条边后，移动光标（拉伸模式），不按〈Ctrl〉键及按〈Ctrl〉键一次或两次的结果如图 7-44 所示。

1）边的长度不变：在移动、旋转或缩放边时，如果在移动鼠标过程中未按〈Ctrl〉键，边的共享长度及其顶点将保持不变。但是，相邻面所在的平面可能会发生变化。如图 7-44b 所示。

2）更改边的长度：在移动、旋转或缩放边时，如果在移动鼠标过程中按下并释放〈Ctrl〉键一次，将会修改边而不修改其顶点。相邻面所在的曲面保持不变，但修改的边的长度可能会发生变化。如图 7-44c 所示。

3）将相邻面分为三角形：在移动、旋转或缩放边时，如果在移动鼠标过程中按下并释放〈Ctrl〉键两次，将不会修改边及其顶点（如同尚未按〈Ctrl〉键一样），但是，相邻面不再为平面，会将其分为三角形（分为两个或两个以上三角形平面），如图 7-44d 所示。

如果按下并释放〈Ctrl〉键三次，则修改将返回第一个选项（如同尚未按〈Ctrl〉键一样）。

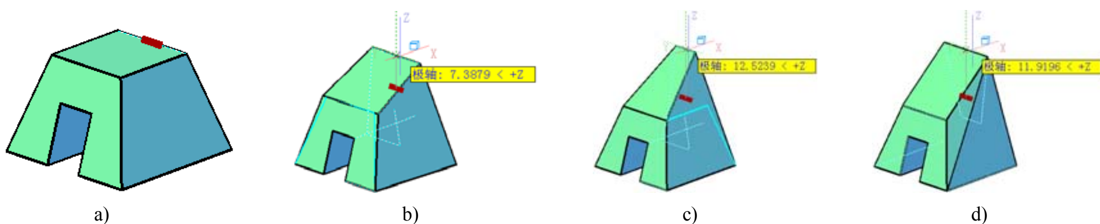


图 7-44 以拉伸夹点模式移动边

a) 选择实体上的边 b) 不按〈Ctrl〉键以拉伸模式向上移动光标 c) 按〈Ctrl〉键一次以拉伸模式向上移动光标 d) 按〈Ctrl〉键两次以拉伸模式向上移动光标

7.5.4 移动、旋转、缩放或拖动三维实体的顶点

可以通过夹点、小控件或使用“move”、“rotate”和“scale”命令，移动、旋转、缩放或拖动一个或多个顶点，进而修改三维实体的形状。

在用夹点或小控件缩放或旋转顶点时（使用夹点或小控件的“比例缩放”模式或“旋转”模式），选择两个或两个以上的顶点才会在实体对象中看到修改效果。要缩放或旋转一个顶点，应重新指定基点，基点不能是顶点本身，否则不能缩放（或旋转）。

在修改实体对象的顶点时，移动光标的过程中按〈Ctrl〉键一次或多次以可在修改选项之间循环。

用拖动夹点的方法，选中棱柱的一个顶点后，上下垂直移动光标（拉伸模式），不按〈Ctrl〉键及按〈Ctrl〉键一次的结果如图 7-45 所示。

1）将相邻面分为三角形：在移动、旋转、缩放或拖动顶点时，如果在移动鼠标过程中未按〈Ctrl〉键，可能会将某些相邻的平面分为三角形（分为两个或两个以上三角形平面），如图 7-45b 所示。

2）修改某些相邻面但不将其分为三角形：在移动、旋转、缩放或拖动顶点时，如果在移动鼠标过程中按下并释放〈Ctrl〉键一次，可能会调整某些相邻平面，如图 7-45 所示。

如果按下并释放〈Ctrl〉键两次，则修改将返回第一个选项（如同尚未按〈Ctrl〉键一样）。

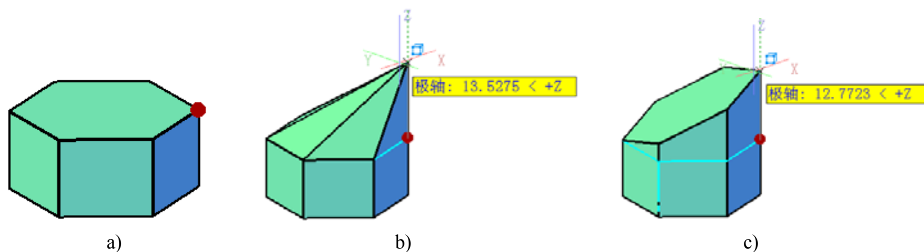


图 7-45 拖动棱柱的顶点

a) 选择实体上的顶点 b) 不按〈Ctrl〉键向上移动光标 c) 按〈Ctrl〉键一次向上移动光标



第 8 章　三维实体对象的编辑

这一章主要讨论三维实体对象的面、边、体的编辑以及对实体或曲面进行倒角、圆角等。

8.1　三维实体的面、边、体编辑

“solidedit”是一个专门针对实体的命令，提供了多种修改三维实体对象的面、边、体的方法。可以拉伸、移动、旋转、偏移、倾斜、复制、删除面，以及为面指定颜色和添加材质。可以复制边并为其指定颜色。可以对三维实体对象（体）进行压印、分割、抽壳以及清除和检查其有效性。

不能对网格对象使用“solidedit”命令。但是，如果选择了闭合网格对象，系统将提示用户将其转换为三维实体。

“solidedit”命令是一个综合命令，主要有面、边、体三类选项，每一类选项又有若干具体选项，具体选项列在“修改”下拉菜单的“实体编辑”子菜单中，或以图标按钮的形式组合在“实体编辑”工具栏里以及三维建模空间功能区的“常用”选项卡和“实体”选项卡的“实体编辑”面板中。



如果从“实体编辑”工具栏或功能区的“实体编辑”面板单击按钮，或从“修改”下拉菜单的“实体编辑”子菜单中选择选项，是输入“solidedit”命令的具体选项。如果从命令行直接输入“solidedit”，则命令行显示类选项提示，回答类选项提示后才进入面、边或体的编辑提示，过程如下：

命令: solidedit

实体编辑自动检查:　SOLIDCHECK=1

输入实体编辑选项 [面(F)/边(E)/体(B)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: 输入一个选项的关键字回车 或 直接回车退出命令

1．面(F)

以“F”响应类选项提示后回车，将对三维实体对象的面进行编辑。接下来命令行提示：

输入面编辑选项 [拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/颜色(L)/材质(A)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:

对此提示输入一个关键字回车，即可对选中的面进行编辑。详细操作将在后面讨论。

2．边(E)

以“E”响应类选项提示后回车，将对三维实体对象的边进行编辑。命令行提示为：

输入边编辑选项 [复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:

对此提示输入一个关键字回车，即可对选中的边进行编辑。详细操作在后面讨论。

3．体(B)

以“B”响应类选项提示后回车，将对三维实体对象进行体编辑。命令行提示为：

输入体编辑选项 [压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:

对此提示输入一个关键字回车，即可对选中的体进行编辑。详细操作在后面讨论。

4.“放弃(U)”

取消已执行的编辑操作，

5.“退出”

退出“solidedit”命令。

 注意

尽管在命令行输入“solidedit”命令后通过输入选项可以实现对三维实体对象的边、面、体的编辑，但是比较麻烦。所以，在后面的论述中，大多数编辑命令输入方式不再给出命令行形式。

8.1.1 编辑三维实体的面

“solidedit”命令的“面”选项对面的编辑包括：拉伸、移动、旋转、偏移、倾斜、删除、复制以及着色等。

1. 拉伸实体的面

可以同时拉伸实体的多个面；可以指定一个高度值拉伸并且在拉伸过程中使拉伸出的实体截面逐渐变大或变小，即拉伸的倾斜角可变；也可以沿着一个路径拉伸。注意，不能拉伸非平面。

拉伸实体对象的面由“solidedit”命令的“面”选项的“拉伸”子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→拉伸面
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →拉伸面(E)。
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡或“实体”选项卡→“实体编辑”面板→“面编辑”下拉按钮菜单→拉伸面

命令输入后，命令行显示“solidedit”命令的已回答的类选项提示（下面的叙述中省略）及已回答的面选项提示，继续提示选择实体对象的拉伸面：

……

输入面编辑选项

[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/颜色(L)/材质(A)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *_extrude*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)]: *在实体中选择要拉伸面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要拉伸的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: *在实体中用光标拾取要拉伸面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要拉伸的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

……

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: ↙

指定拉伸高度或 [路径(P)]: *输入拉伸高度 或 输入 “P” 回车按路径拉伸*

指定拉伸的倾斜角度 <0>: *输入拉伸的倾斜角度*

开始实体校验

已完成实体校验

输入面编辑选项

[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/颜色(L)/材质(A)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *输入选项关键字继续面编辑 或 回车退出 或 按〈Esc〉键结束命令*

实体编辑自动检查: SOLIDCHECK=1

输入实体编辑选项 [面(F)/边(E)/体(B)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *输入选项关键字继续实体编辑 或 回车退出结束命令 或 按〈Esc〉键结束命令*



上述是一个通常情况的面拉伸过程，在选择拉伸面和拉伸高度时还有不同的选项，下面予以讨论：

（1）提示“选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:”中各选项的意义

1）选择面：即选择要拉伸的面。可在实体中用光标拾取要拉伸面的棱或按住〈Ctrl〉键选择要拉伸的面。在用光标拾取实体的棱线时，棱线两侧的面都会被选中，如果是仅对一个面操作，就要把另一个面删除，方法是对接下来的提示“选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]：”输入“R”后回车，命令行提示：“删除面或 [放弃(U)/添加(A)/全部(ALL)]:”，对此提示再拾取已选中但不拉伸面的棱，就只选择了要拉伸的面。如果按住〈Ctrl〉键选择要拉伸的面或用子对象选择过滤器的“面”选择要拉伸的面，只会选一个面。

2）放弃(U)：放弃最近一次选择的面。

3）删除(R)：将选择面的提示转为删除面的提示，从已选中的面中删除不想拉伸的面，接下来提示：

删除面或 [放弃(U)/添加(A)/全部(ALL)]: *在实体中用光标拾取要删除面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要删除的面 或 输入一个选项关键字后回车*

其中“放弃(U)”的作用是放弃最近一次删除的面；“添加(A)”的作用是将提示转为“选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]：”；“全部(ALL)”的作用是放弃所有面的删除。

4）提示“选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:”中的“全部(ALL)”选项的作用是选择所有的面进行拉伸。实际编辑三维实体对象时，如果要拉伸的面比较多，可以采用“全部(ALL)”选项，然后对接下来的“选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:”提示输入“R”回答，提示转为“删除面或 [放弃(U)/添加(A)/全部(ALL)]:”后，再选择不拉伸的面。例如，对长方体，不拉伸左前面和顶面，其他面都拉伸，则可采用这种选择面的方法，如图 8-1 所示（此处拉伸高度为 10，拉伸倾斜角度为 15）。



a)　　b)

图 8-1　拉伸长方体

a) 选择面　b) 拉伸后



注意　下面对实体面的各种编辑，都会出现提示“选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:”，回答方式都可对照以上所述处理。

（2）提示“指定拉伸高度或［路径(P)]:”各选项的意义

1）指定拉伸高度：要求输入面拉伸的高度，输入一个正的高度值通常将向外拉伸，而输入一个负的高度值通常将向内拉伸。输入了高度值之后，命令行继续提示：

指定拉伸的倾斜角度<0>：*输入拉伸的倾斜角度*

拉伸的倾斜角度为-90°～+90°之间的一个角度值（原图见图 8-2a），正的倾斜角将使面在拉伸时收缩（见图 8-2b），负的倾斜角将使面在拉伸时放大（见图 8-2c），默认的拉伸角度是 0°。图 8-2 是拉伸楔形体的右前面所得结果。

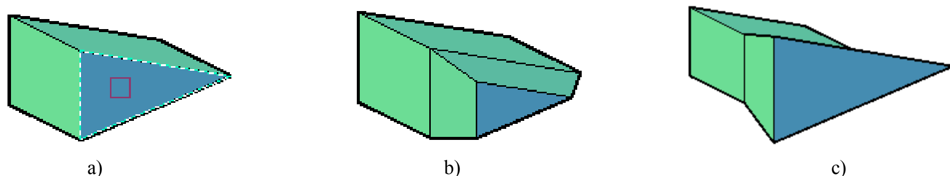


图 8-2　拉伸楔形体的右前面

a) 选择拉伸的面　b) 拉伸的倾斜角度为正值　c) 拉伸的倾斜角度为负值

如果拉伸的倾斜角度较大，或拉伸高度较大，有可能在到达拉伸高度之前，就已经汇聚为一个点了，如图 8-3 所示。



图 8-3　拉伸楔形体的右前面时倾斜角度较大或拉伸高度较大可能的结果

a) 选择拉伸的面　b) 拉伸的各面汇聚为一点

2）路径(P)：按指定的路径拉伸，如图 8-4 所示。选择此选项后，将提示：

选择拉伸路径：*选择用做路径的对象*

拉伸路径可以是直线、圆、圆弧、椭圆、椭圆弧、多段线或样条曲线。要注意的是，路径对象不能与要拉伸的面共面（在同一平面内）并且曲率不能太大。

拉伸始于拉伸面的轮廓所在平面，止于在路径端点处与路径垂直的平面，如图 8-4 所示。路径的一个端点应在轮廓所在平面上；如果不在，会将路径移动到轮廓的中心，如图 8-5 所示。

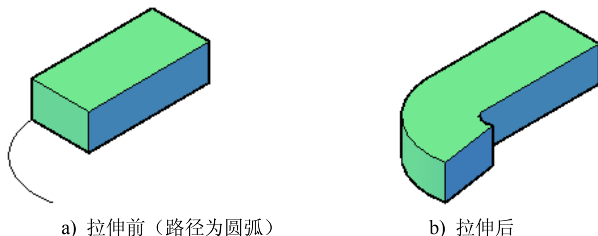


图 8-4　拉伸起始和终止面

a) 拉伸前（路径为圆弧）　b) 拉伸后

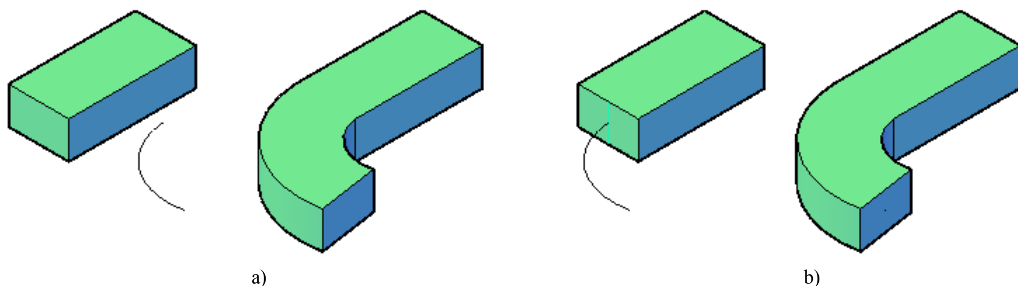


图 8-5 路径的端点不在轮廓所在平面的结果

a) 路径的端点不在轮廓所在平面 b) 路径的一个端点在轮廓的中心

如果路径是样条曲线，则路径应垂直于轮廓所在平面且位于其中一个端点处。如果路径不垂直于轮廓所在平面，会将轮廓旋转以与样条曲线路径垂直。如果样条曲线的一个端点位于该面的平面上，则将围绕该点旋转该面；否则，会将样条曲线路径移动到轮廓的中心，然后围绕其中心旋转轮廓。

如果路径包含不相切的线段，那么将沿每条线段拉伸对象，然后沿线段形成的角平分面斜接接头，如图 8-6 所示。如果路径是闭合的，则轮廓位于斜接面。这允许实体的起始截面和终止截面相互匹配。如果轮廓不在斜接面上，将旋转路径直至轮廓位于斜接面上。

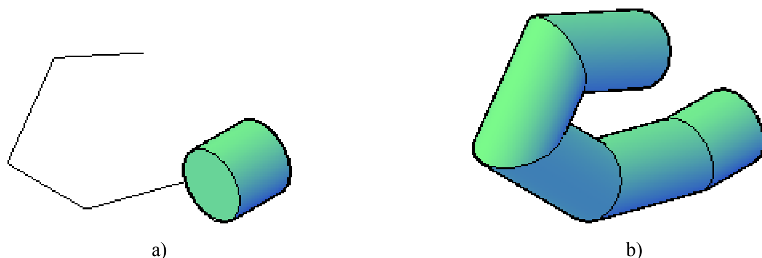


图 8-6 路径的各段不相切

a) 拉伸前（路径为多段线） b) 拉伸后

2. 移动实体的面

“solidedit”命令可将三维实体对象中的面移动到指定的位置。移动时可结合精确绘图工具，如正交、极轴追踪、对象捕捉、对象追踪和坐标系等。

移动实体对象的面由“solidedit”命令的“面”选项的“移动”子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→移动面
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →移动面(M)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→“面编辑”下拉按钮菜单→移动面

在移动实体对象的面时，选择移动面的提示“选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:”中各选项，与选择拉伸面时该提示的各选项意义类似，参看“1. 拉伸实体的面”中的解释。下面只将其不同部分和主要操作步骤叙述如下：

```
输入面编辑选项 [拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/颜色(L)/材质(A)/放弃(U)/
```

退出(X)] <退出>: _*move*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)]: *在实体中选择要移动面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要移动的面（也可用子对象选择过滤器的“面”的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: *在实体中用光标拾取要移动面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要移动的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

… …

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: ↙

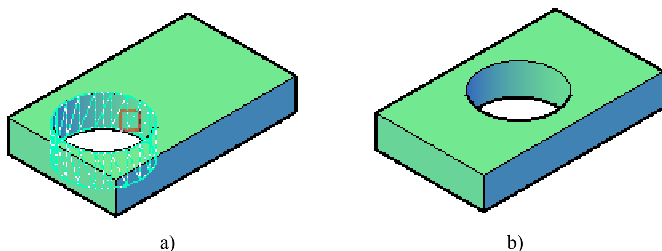
指定基点或位移: *输入移动基点*

指定位移的第二点: *输入第二点 或 输入一个值沿可移动方向移动*

… … （接下来是校验和面编辑提示和类选项提示，省略）

在输入了移动基点后，提示“指定位移的第二点:”是要求指定移动后的对象放置的位置。可以将光标置于面的可移动的方向，对提示输入一个值回车，面将按输入的值沿可移动的方向移动。在面的移动方向不固定时，可利用极轴追踪设置极轴角帮助确定移动方向。

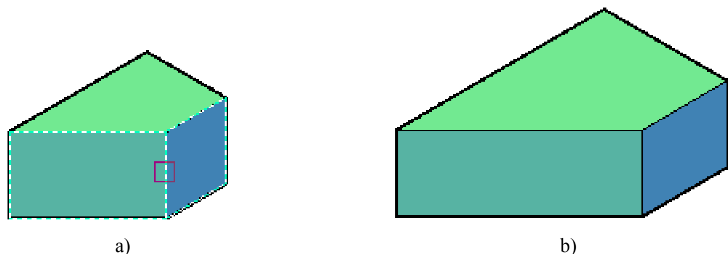
图 8-7 显示了将一个孔从实体中一个位置移动到另一位置的过程。图 8-8 是同时移动实体的两个面的过程。



a) b)

图 8-7 移动实体中的圆柱面

a) 移动前（选中圆柱面） b) 移动后



a) b)

图 8-8 同时移动实体的两个面

a) 移动前（选中两个面） b) 移动后

3. 旋转实体的面

“solidedit”命令可将实体中的一个或多个面绕指定的轴旋转一个角度。可以通过指定两个点或选择一个对象来确定旋转轴，也可以用 UCS 的坐标轴作为旋转轴。

旋转实体对象的面由“solidedit”命令的“面”选项的“旋转”子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→旋转面
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →旋转面(A)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→“面编辑”下拉按钮菜单→旋转面



在旋转实体对象的面时，选择旋转面的提示“选择面或［放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:”中各选项，与选择拉伸面时该提示的各选项意义类似，参看“1. 拉伸实体的面”中的解释。下面只将其不同部分和主要操作步骤叙述如下：

输入面编辑选项 [拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/颜色(L)/材质(A)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *_rotate*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)]: *在实体中选择要旋转面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要旋转的面（也可用于对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: *在实体中用光标拾取要旋转面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要旋转的面（也可用于对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

……

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: ↙

指定轴点或 [经过对象的轴(A)/视图(V)/X 轴(X)/Y 轴(Y)/Z 轴(Z)] <两点>: *输入轴线上第一点或直接回车 或 输入一个选项关键字后回车*

对此提示各选项说明如下：

1）指定轴点：这是默认选项，通过输入两个点（可结合对象捕捉）来确定旋转轴。选择此选项后将提示：

在旋转轴上指定第二个点: *输入轴线上第二点*

指定旋转角度或 [参照(R)]: *输入面的旋转角度 或 输入“R”回车输入参照角度*

若对该提示输入“R”回车输入参照角度，接下来提示：

指定参照(起始)角度 <0>: *输入起始角度*

指定端点角度: *输入终止角度*

起始角度和终止角度之间的差值即为旋转角度。

……（*接下来是校验和面编辑提示和类选项提示，省略*）

图 8-9 是选择长方体最前面垂直棱的两端点，旋转左、右侧面 20°所得结果。

2）经过对象的轴：这是以一个对象作为旋转轴的选项。可以作为旋转轴的对象有直线、圆、圆弧、椭圆、二维多段线、三维多段线、样条曲线。对于圆、圆弧、椭圆，旋转轴分别垂直于圆、圆弧、椭圆所在的平面且通过圆心。对于二维多段线、三维多段线、样条曲线，旋转轴分别是二维多段线、三维多段线、样条曲线的起点和终点连线。选择此选项后。AutoCAD 将提示：

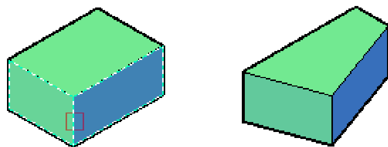


图 8-9 旋转长方体的两个侧面

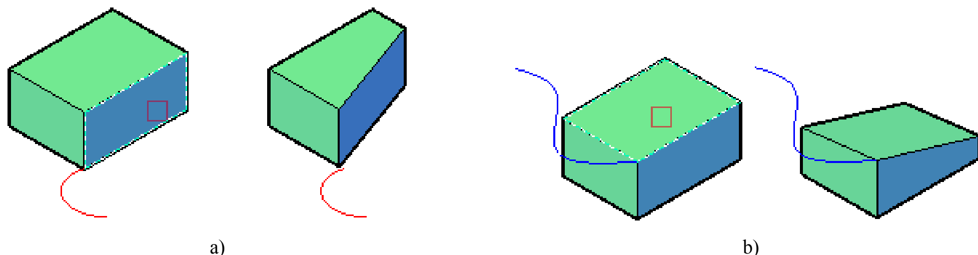
选择作为轴使用的曲线: *选择作为旋转轴的对象*

指定旋转角度或 [参照(R)]: *输入面的旋转角度 或 输入 R 回车输入参照角度*

（*关于“参照(R)”参看“1）指定轴点”的解释*）

……　（接下来是校验和面编辑提示和类选项提示，省略）

图 8-10 是长方体分别以圆弧和样条曲线作为旋转轴，旋转 20°所得到的结果。



a)　　　　b)

图 8-10　经过对象的轴旋转面

a) 以圆弧作为旋转轴旋转右前面　b) 以样条曲线作为旋转轴旋转顶面

3）视图(V)：这是以当前视口的垂直方向作为旋转轴的方向并且旋转轴通过指定点的选项。选择此选项后将提示：

指定旋转原点 <0，0，0>: *输入旋转轴要通过的一点*

指定旋转角度或 [参照(R)]: *输入面的旋转角度 或 输入"R"回车输入参照角度*

（关于参照(R)参看"（1）指定轴点"的解释）

……　*（接下来是校验和面编辑提示和类选项提示，省略）*

4）X 轴 / Y 轴 / Z 轴：这三个选项都是通过指定的点并分别与 X、Y、Z 轴平行的轴作为旋转轴。分别选择了此三个选项后将提示：

指定旋转原点 <0，0，0>: *输入旋转轴要通过的一点*

指定旋转角度或 [参照(R)]: *输入面的旋转角度 或 输入"R"回车输入参照角度*

（关于参照(R)参看"1）指定轴点"的解释）

……　*（接下来是校验和面编辑提示和类选项提示，省略）*

4．等距偏移实体的面

"solidedit"命令可以将实体中的一个或多个面等距偏移一个指定的距离。

偏移实体对象的面由"solidedit"命令的"面"选项的"偏移"子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→偏移面
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →偏移面(O)
- 功能区：三维建模空间→"常用"选项卡或"实体"选项卡→"实体编辑"面板→"面编辑"下拉按钮菜单→偏移面

在偏移实体对象的面时，选择偏移面的提示"选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:"中各选项，与选择拉伸面时该提示的各选项意义类似，参考"1. 拉伸实体的面"中的解释。下面只将其不同部分和主要操作步骤叙述如下：

输入面编辑选项 [拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/颜色(L)/材质(A)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *_offset*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)]: *在实体中选择要偏移面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要偏移的面（也可用于对象选择过滤器的"面"） 或 输入一个选项关键字后回车*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: *在实体中用光标拾取要偏移面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要偏移的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

……

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: ↙

指定偏移距离: *输入偏移距离*

…… *（接下来是校验和面编辑提示和类选项提示，省略）*

输入一个正的偏移距离值将使实体的体积增大；输入一个负的偏移距离值将减小实体的体积。如果要偏移实体对象中的孔，则正的偏移距离值将使孔减小而使实体增大；输入一个负的偏移距离值将使孔增大而实体的体积减小。图 8-11 是将一个实体的外部三个面偏移，偏移距离为正值的效果。图 8-12 是将一个实体的内部长圆孔面偏移，偏移距离为正值的效果。

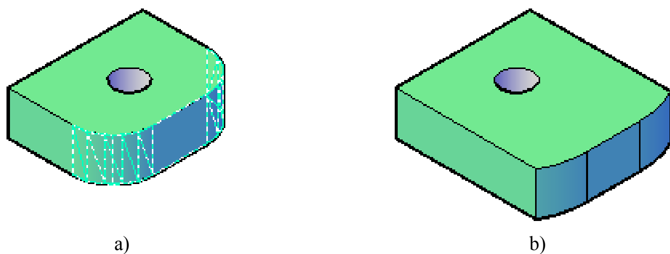


图 8-11 偏移外部面

a) 偏移前（选中偏移面） b) 偏移后

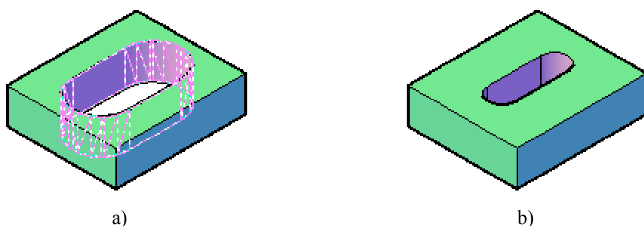


图 8-12 偏移内部面

a) 偏移前（选中偏移面） b) 偏移后

5．倾斜实体的面

“solidedit”命令可以将实体中的一个或多个面按指定的角度倾斜。

倾斜实体对象的面由“solidedit”命令的“面”选项的“倾斜”子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→倾斜面
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →倾斜面(T)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡或“实体”选项卡→“实体编辑”面板→“面编辑”下拉按钮菜单→倾斜面

在倾斜实体对象的面时，选择倾斜面的提示“选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:”中各选项，与选择拉伸面时该提示的各选项意义类似，参看“1. 拉伸实体的面”中的解释。下面只将其不同部分和主要操作步骤叙述如下：

输入面编辑选项 [拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/颜色(L)/材质(A)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: _taper

选择面或 [放弃(U)/删除(R)]: *在实体中选择要倾斜面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要倾斜的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: *在实体中用光标拾取要倾斜面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要倾斜的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

……

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: ↙

指定基点:*输入倾斜基点*

指定沿倾斜轴的另一个点: *输入倾斜轴线上另一点*

指定倾斜角度:输入倾斜角度

…… *（接下来是校验和面编辑提示和类选项提示，省略）*

基点和倾斜轴线上的另一点确定了所选择的面的倾斜方向。面与基点同侧的一端保持不变，而面与倾斜轴另一点同侧的一端，将发生变化。正的倾斜角度值将使面向内收，而负的角度值将使面向外放。

图 8-13 是倾斜长方体的内圆柱孔的效果，基点和倾斜轴的另一点分别是圆柱的下底面圆心和上底面圆心。图 8-14 是倾斜平面的效果，基点和倾斜轴的另一点分别是倾斜面的长边左下角点和右上角点。

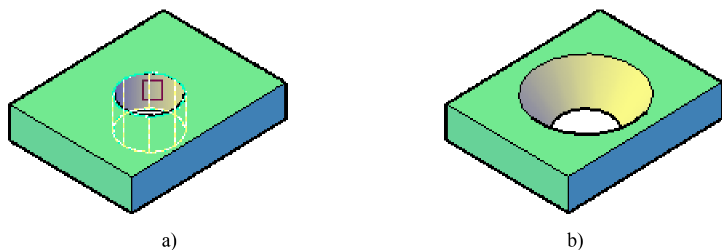


图 8-13 倾斜长方体的内圆柱孔

a) 倾斜前（选中圆柱面） b) 倾斜后

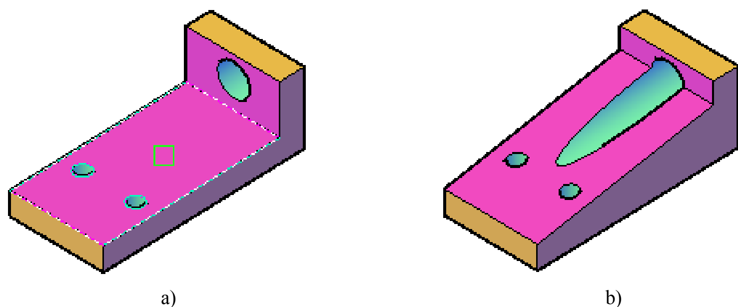


图 8-14 倾斜平面

a) 倾斜前（选中平面） b) 倾斜后

6. 删除实体的面

（1）使用“solidedit”命令删除实体的面

“solidedit”命令可将实体中的一个或多个面删除。通常可用于将实体对象上的倒角面、圆角面、圆弧过渡面或内孔面删除。

删除实体对象的面由“solidedit”命令的“面”选项的“删除”子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→删除面
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →删除面(D)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→“面编辑”下拉按钮菜单→删除面

在删除实体对象的面时，选择删除面的提示“选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:”中各选项，与选择拉伸面时该提示的各选项意义类似，参考“1. 拉伸实体的面”中的解释。下面只将其不同部分和主要操作步骤叙述如下：

输入面编辑选项 [拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/颜色(L)/材质(A)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *_delete*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)]: *在实体中选择要删除面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要删除的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

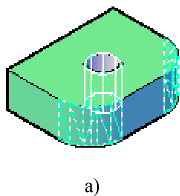
选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: *在实体中用光标拾取要删除面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要删除的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

……

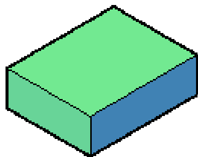
选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: ↙

…… *（接下来是校验和面编辑提示和类选项提示，省略）*

图 8-15 是删除立体上的圆柱面（包括内孔面）的效果；图 8-16 是删除立体上的平面的效果。



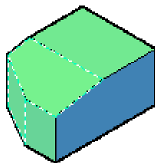
a)



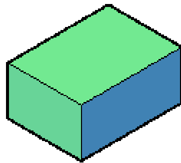
b)

图 8-15 删除立体上的圆柱面

a) 删除前（选中圆柱面） b) 删除后



a)



b)

图 8-16 删除立体上的平面

a) 删除前（选中平面） b) 删除后

（2）用〈Delete〉键和“erase”命令删除面

如果某个面被共面的面包围，还可以使用以下方法删除该面：

1）选择该面（按住〈Ctrl〉键同时单击三维实体上的面），并按〈Delete〉键。

2）选择该面（按住〈Ctrl〉键同时单击三维实体上的面），并输入“erase”命令。

7. 复制实体的面

“solidedit”命令可将实体中的一个或多个面复制成面域或曲面。

复制实体对象的面由“solidedit”命令的“面”选项的“复制”子选项来完成。命令的

输入方式有：

● 工具栏：实体编辑→复制面
● 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →复制面(F)
● 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→“面编辑”下拉按钮菜单→复制面

在复制实体对象的面时，选择复制面的提示“选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:”中各选项，与选择拉伸面时该提示的各选项意义类似，参考“1. 拉伸实体的面”中的解释。下面只将其不同部分和主要操作步骤叙述如下：

输入面编辑选项 [拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/颜色(L)/材质(A)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *_copy*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)]: *在实体中选择要复制面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要复制的面（也可用于对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: *在实体中用光标拾取要复制面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要复制的面（也可用于对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

……

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: ↙

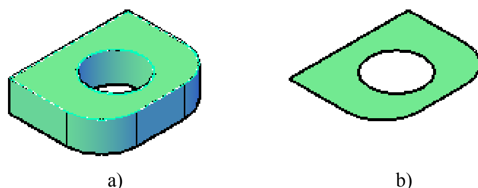
指定基点或位移: *输入基点*

指定位移的第二点: *输入第二点完成复制 或 直接回车以基点的坐标作为位移进行复制 或 输入一个值沿光标橡皮筋方向复制*

…… *（接下来是校验和面编辑提示和类选项提示，省略）*

对提示“指定位移的第二点:”输入第二个点，则该点即放置复制面的位置；如果直接回车，将把基点坐标作为复制面的位移；如果对提示输入一个值回车，输入的值是复制面移动的距离，方向沿光标橡皮筋的方向。

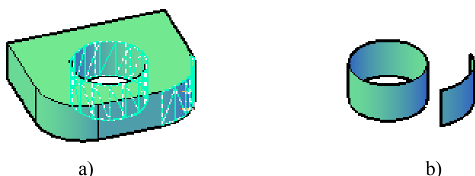
图 8-17 是复制立体的顶面的效果，结果是一个面域。图 8-18 是复制立体的圆柱面的效果，结果是曲面。



a) b)

图 8-17 复制立体的顶面

a) 复制前（选中顶面） b) 复制后（面域）



a) b)

图 8-18 复制立体的圆柱面

a) 复制前（选中圆柱面） b) 复制后（曲面）

8．改变面的颜色

（1）用“solidedit”命令改变实体面的颜色

“solidedit”命令可改变实体中的一个或多个面的颜色。

改变实体对象面的颜色由“solidedit”命令的“面”选项的“着色”子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→着色面
- 下拉菜单：修改(M)→实体编辑(N)→着色面(C)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→“面编辑”下拉按钮菜单→着色面

在着色实体对象的面时，选择着色面的提示“选择面或［放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:”中各选项，与选择拉伸面时该提示的各选项意义类似，参考“1．拉伸实体的面”中的解释。下面只将其不同部分和主要操作步骤叙述如下：

输入面编辑选项［拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/颜色(L)/材质(A)/放弃(U)/退出(X)]<退出>: *_color*

选择面或［放弃(U)/删除(R)]: *在实体中选择要着色面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要着色的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

选择面或［放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: *在实体中用光标拾取要着色面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要着色的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

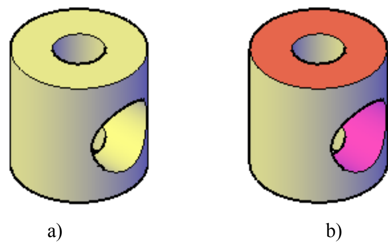
……

选择面或［放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: ↙

对最后这个提示回车后，将打开“选择颜色”对话框，选中所需的颜色，单击“确定”按钮，选中的面即被着色。

…… *（接下来是校验和面编辑提示和类选项提示，省略）*

图 8-19 是将圆柱的顶面和大圆孔面分别着色为红色和洋红色的效果。



a)　　b)

图 8-19　将圆柱的顶面和大圆孔面着色

a) 着色前　b) 着色后

（2）用“特性”选项板对面进行着色

选择面（按住〈Ctrl〉键同时单击三维实体上的面，或者用子对象选择过滤器的“面”），打开“特性”选项板，然后在“特性”选项板中更改“颜色”特性，从而修改三维实体上的面的颜色。

9．改变面的材质

“solidedit”命令可改变实体中的一个或多个面的材质。

改变实体对象面的材质由“solidedit”命令的“面”选项的“材质”子选项来完成。“solidedit”命令的“材质”子选项在下拉菜单、工具栏、功能区中都没有菜单项或按钮，因此，只能从命令行输入，过程如下：

命令: *solidedit* ↙

实体编辑自动检查: *SOLIDCHECK=1*

输入实体编辑选项［面(F)/边(E)/体(B)/放弃(U)/退出(X)]<退出>: *f*↙

输入面编辑选项 [拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/颜色(L)/材质(A)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *a* ↙

选择面或 [放弃(U)/删除(R)]: *在实体中选择要指定材质面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要指定材质的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: *在实体中用光标拾取要指定材质面的棱 或 按住〈Ctrl〉键选择要指定材质的面（也可用子对象选择过滤器的“面”） 或 输入一个选项关键字后回车*

… …

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]: ↙

输入新材质名称 <ByLayer>: *输入新材质名称后回车*

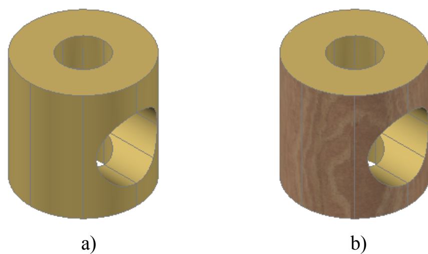
对最后这个提示输入新材质名称后回车，选中的面即被指定材质。

… … *（接下来是校验和面编辑提示和类选项提示，省略）*


注意 要显示实体对象面的材质，必须在真实视觉样式下。可使用命令“matbrowseropen”，打开“材质浏览器”，从中查找材质名称。

在将材质指定给实体对象的面时，选择面的提示“选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]：”中各选项，与选择拉伸面时该提示的各选项意义类似，参考“1. 拉伸实体的面”中的解释。

图 8-20 是为圆柱的侧面指定材质“木材 - 山胡桃木”的效果。此处为了明显，对材质做了一些调整，同时，系统变量“VSEDGES”的值设为“1”。



a) b)

图 8-20 圆柱的侧面指定材质

a) 指定材质前 b) 指定材质后

8.1.2 编辑三维实体的边

对三维实体对象中边的编辑包括改变边的颜色及将边复制成单独的对象。

1. 复制实体的边

三维实体对象中的各种边都可以复制成单独的对象，其结果可能是直线、圆弧、圆、椭圆和样条曲线。

复制实体对象的边由“solidedit”命令的“边”选项的“复制”子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→复制边
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →复制边(G)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→“边编辑”下拉按钮菜单→复制边

命令输入后，命令行显示“solidedit”命令的已回答的类选项提示（下面的叙述中省略）及已回答的边选项提示，继续提示选择实体对象的边：

输入边编辑选项 [复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *_copy*

选择边或 [放弃(U)/删除(R)]: *选择一个边，或 输入一个选项关键字后回车*

… …

选择边或 [放弃(U)/删除(R)]: ↙

指定基点或位移: *输入复制基点*

指定位移的第二点: *输入第二点完成复制 或 直接回车以基点的坐标作为位移进行复制 或 输入一个值沿光标橡皮筋方向复制*

输入边编辑选项 [复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *输入选项关键字继续边编辑 或 回车退出 或 按〈Esc〉键结束命令*

实体编辑自动检查: *SOLIDCHECK=1*

输入实体编辑选项 [面(F)/边(E)/体(B)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *输入选项关键字继续实体编辑 或 回车退出结束命令 或 按〈Esc〉键结束命令*

在输入了复制基点后，对提示“指定位移的第二点:”输入第二个点，该点即放置复制面的位置；如果直接回车，将把基点坐标作为复制面的位移；如果对提示输入一个值回车，输入的值是复制边移动的距离，方向沿光标橡皮筋的方向。

对提示“选择边或 [放弃(U)/删除(R)]:”各选项说明如下：

1）选择边：在实体对象中选择要复制的边。每选择一条边之后，该提示重复出现，直至回车结束选择。

2）放弃：撤销最近一次进行的选择操作。

3）删除：把已选择的对象从选择集中去掉。选择此选项后，命令行将提示：

“删除边或 [放弃(U)/添加(A)]:” 选择一个要从选择集中去掉的边，或输入一个选项关键字后回车

此提示中的各子选项说明如下：

① 删除边：选择要从选择集中清除的边。

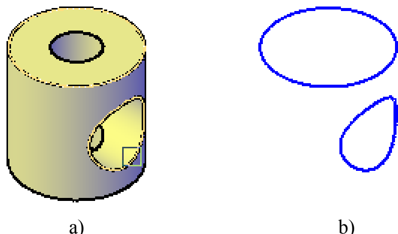
② 放弃(U)：撤销最后删除的边，又把它加到选择集中。

③ 添加(A)：继续往当前选择集中添加对象。选择此选项后，将转回到提示“选择边或 [放弃(U)/删除(R)]:”。



注意 “放弃”、“删除”和“添加”这三个选项在执行“solidedit”命令的着色边时意义都一样，所以后面不再对这几个选项重复说明。

图 8-21 是复制圆柱体的顶面边和大孔的外边的效果，顶面复制的结果是一个圆，大孔的外边复制结果是样条曲线。如果要复制孔内部的边，可将视觉样式变为“二维线框”或“三维线框”，图 8-22 是复制圆柱体小孔的内部边。



a) b)

图 8-21 复制立体的边

a) 复制前（选中边） b) 复制后

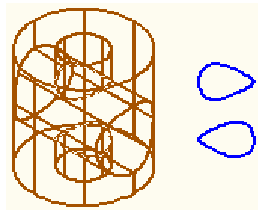


图 8-22 复制立体的内部边

2．改变实体边的颜色

（1）用“solidedit”命令改变实体边的颜色

改变实体对象边的颜色由“solidedit”命令的“边”选项的“着色”子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→着色边
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →着色边(L)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板→“边编辑”下拉按钮菜单→着色边

命令输入后，命令行显示 solidedit 命令的已回答的类选项提示（下面的叙述中省略）及已回答的边选项提示，继续提示选择实体对象的边：

输入边编辑选项 [复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *_color*

选择边或 [放弃(U)/删除(R)]: *选择一个边，或 输入一个选项关键字后回车*

……

选择边或 [放弃(U)/删除(R)]: ↙

…… *（接下来是校验和边编辑提示和类选项提示，参看 1. 复制实体的边，省略）*

选择边结束后，边被着色。图 8-23 是把四棱锥的右侧两棱着蓝色的效果。

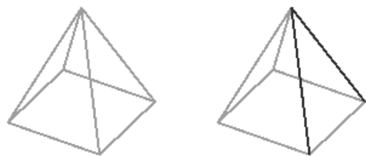


图 8-23 把四棱锥的右侧两棱着蓝色


注意　边着色应在视觉样式为“二维线框”或“三维线框”或“三维隐藏”时进行。

（2）用“特性”选项板改变实体边的颜色

选择边（按住〈Ctrl〉键同时单击三维实体上的边，或者用子对象选择过滤器的“边”），打开“特性”选项板，然后在“特性”选项板中更改“颜色”特性，从而修改三维实体上的边的颜色。

8.1.3 编辑三维实体的体

“solidedit”命令对体的编辑包括：压印、分割、抽壳、清除、检查。

1．压印对象到实体的面上

“solidedit”命令的“体”选项的“压印”子选项可以在实体上压印其他几何图形。被压印对象可以是：圆弧、圆、直线、二维和三维多段线、椭圆、样条曲线、面域、体及三维实体。要被压印的对象必须与选定对象的一个或多个面相交。

“solidedit”命令的“体”选项的“压印”子选项在下拉菜单、工具栏、功能区中都没有菜单项或按钮，因此，只能从命令行输入，过程如下：

命令输入后，命令行显示选择的是压印对象到实体上：

命令: *_solidedit* ↙

实体编辑自动检查: *SOLIDCHECK=1*

输入实体编辑选项 [面(F)/边(E)/体(B)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *B* ↙

输入体编辑选项

[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *I* ↙

选择三维实体: *选择要压印到的三维实体*

选择要压印的对象: *选择要被压印的对象*

是否删除源对象 [是(Y)/否(N)] <N>: *直接回车或输入 "N" 回车不删除源对象，输入 "Y" 回车删除原对象*

……

选择要压印的对象: ↙

输入体编辑选项

[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *输入选项关键字继续体编辑 或 回车退出 或 按〈Esc〉键结束命令*

实体编辑自动检查: *SOLIDCHECK=1*

输入实体编辑选项 [面(F)/边(E)/体(B)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *输入选项关键字继续实体编辑 或 回车退出结束命令 或 按〈Esc〉键结束命令*

操作完成后，被压印的对象被"刻"到了三维实体上。

图 8-24 是把一段样条曲线压印到长方体的侧面上，把圆柱体压印到长方体的顶面上的效果。样条曲线在长方体的侧面平面上，把圆柱体与长方体的顶面相交。

除了"solidedit"命令的"体"选项的"压印"子选项可以实现压印外，AutoCAD 还有一个单独的压印命令"imprint"，关于该命令参看 8.4 节。

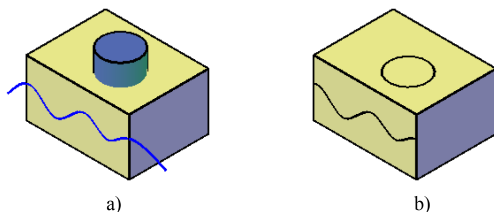


图 8-24 把样条曲线和圆柱体压印到长方体

a) 压印前 b)压印后（删除源对象）

2. 分割三维实体

"solidedit"命令可将组合而成的三维实体分割成单独的实体。组合的实体对象不能有共同的面积和体积。例如用布尔运算构造的具有单一体积的复合对象就不能进行分割，但两个分离的实体对象经并集操作构成的复合实体可分割，由差集操作导致生成的多个分离的三维实体可分割为独立的三维实体。分割组合实体时，会分割到最简单的形式。分割后的实体仍保持其原来的图层和颜色。

如图 8-25 所示，两个分离的实体经并集操作后成为一个实体，分割后又重新成为独立的两个实体。如图 8-26 所示，从圆柱体减去多段体，形成两部分，经分割成为两个独立的三维实体。

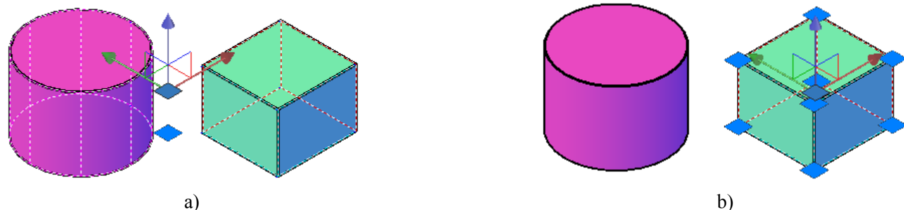
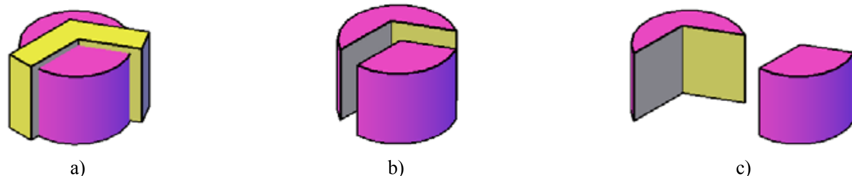


图 8-25 分割两个经并集操作后仍分离的实体对象

a) 分割前（选中长方体两个实体同时亮显） b) 分割后（选中长方体只其本身亮显）



a)　　b)　　c)

图 8-26　分割由差集操作形成两部分的实体

a) 未作差集操作前　b) 作差集操作但未分割　c) 分割后（选移动了前面部分）

分割三维实体由“solidedit”命令的“体”选项的“分割实体”子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→分割
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →分割(S)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡或“实体”选项卡→“实体编辑”面板→“体编辑”下拉按钮菜单→分割

命令输入后，命令行显示“solidedit”命令的已回答的类选项提示（下面的叙述中省略）及已回答的体选项提示，继续提示要选择的实体：

输入体编辑选项

[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *_separate*

选择三维实体: *选择要分割的三维实体*

输入体编辑选项

[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *输入选项关键字继续体编辑 或 回车退出 或 按〈Esc〉键结束命令*

实体编辑自动检查: *SOLIDCHECK=1*

输入实体编辑选项 [面(F)/边(E)/体(B)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: *输入选项关键字继续实体编辑 或 回车退出结束命令 或 按〈Esc〉键结束命令*

选中了要分割的三维实体，分割即完成。

3. 三维实体抽壳

“solidedit”命令的“抽壳”功能可将一个三维实体的各个面从其原来的位置偏移（向内或向外）一个指定的距离而形成新的面。这样，原来的实体对象变成了一个具有指定厚度的壳体。这对于绘制壳体类、箱体类机械零件很有帮助。尽管壳体可以通过实体的拼合或布尔运算等构造出，但是要经过许多步骤。而“抽壳”功能可快速、方便地从一个单个的立方体直接生成。

抽壳由“solidedit”命令“体”选项的“抽壳”子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→抽壳
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →抽壳(H)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡或“实体”选项卡→“实体编辑”面板→“体编辑”下拉按钮菜单→抽壳

命令输入后，命令行显示“solidedit”命令的已回答的类选项提示（下面的叙述中省略）及已回答的体选项提示，继续提示选择要抽壳的实体：

输入体编辑选项

[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: _shell

选择三维实体: *选择要抽壳的三维实体对象*

删除面或 [放弃(U)/添加(A)/全部(ALL)]: *选择不需要抽壳的面（可按住〈Ctrl〉键） 或 输入一个选项的关键字回车*

……

删除面或 [放弃(U)/添加(A)/全部(ALL)]: ↙

输入抽壳偏移距离: *输入抽壳偏移距离（即壳的厚度）后回车*

…… *（接下来是校验和体编辑提示和类选项提示，参看“3. 分割三维实体”，省略）*


注意

一旦选择了要抽壳的三维实体，则该实体的所有外表面都已被选择。若某个或几个外表面不需要抽壳，就要从当前已选择的实体全部外表面中将其删除，这可通过“放弃(U)”、“删除(R)”、（“添加(A)”）和“全部(ALL)”选项来调整所选中的面，直到选中的面就是所希望的为止。图 8-27 是对长方体除了左侧面、顶面之外的其他各面抽壳的效果，选择长方体后，再删除左前面和顶面。

实际抽壳时也可先用“全部(ALL)”选项删除所有的面，再把要抽壳的面用“添加(A)”选项加进，以避免“删除(R)”选项删除不抽壳面。图 8-28 是圆柱体两顶面不抽壳的效果，选中圆柱后，先删除所有面，再添加圆柱面。

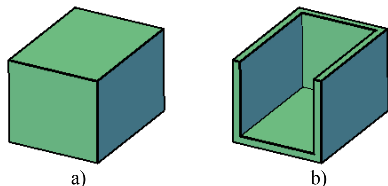


图 8-27 长方体抽壳

a) 抽壳前 b) 抽壳后

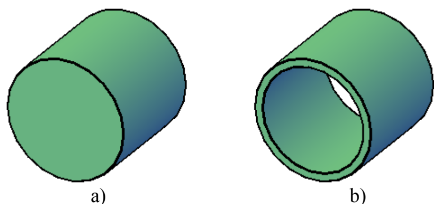


图 8-28 圆柱体抽壳

a) 抽壳前 b) 抽壳后

如果实体有不抽壳的面，则不抽壳的面开口，最后形成的壳体不封闭。抽壳偏移距离可正可负，正的偏移值一般在原实体上抽壳，负的偏移值一般在原实体上加一个壳并把原实体删除，如图 8-29 所示。

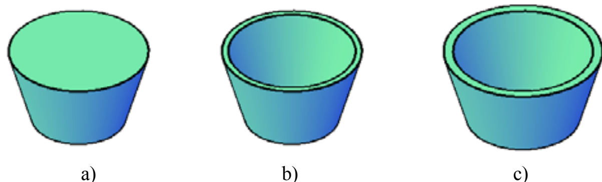


图 8-29 抽壳偏移距离对抽壳的影响

a) 抽壳前 b) 抽壳偏移距离=2 c) 抽壳偏移距离= −3

4．清除三维实体

“solidedit”命令的“清除”功能，可删除三维实体上经各种编辑所产生的对象，如共享同一个曲面的相邻面以及其他重复的或者不用的边、顶点和几何图形。该命令不能删除压印的边。

清除由“solidedit”命令“体”选项的“清除”子选项来完成。按以下方式输入

“solidedit”命令的“清除”子选项：

- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →清除(N)
- 工具栏：实体编辑→清除
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡或“实体”选项卡→“实体编辑”面板→“体编辑”下拉按钮菜单→清除

命令输入后，命令行显示“solidedit”命令的已回答的类选项提示（下面的叙述中省略）及已回答的体选项提示，继续提示选择要清除的实体：

输入体编辑选项

[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: _*clean*

选择三维实体: *选择要从其上清除对象的三维实体*

…… *（接下来是体编辑提示和类选项提示，参看“3. 分割三维实体”，省略）*

选择三维实体后即从其上清除多余对象。

5．检查实体的有效性

（1）用“solidedit”命令检查三维实体的有效性

“solidedit”命令可检查三维实体对象是否是有效实体。

检查由“solidedit”命令“体”选项的“检查”子选项来完成。命令的输入方式有：

- 工具栏：实体编辑→检查
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →检查(K)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡或“实体”选项卡→“实体编辑”面板→“体编辑”下拉按钮菜单→检查

命令输入后，命令行显示“solidedit”命令已回答的类选项提示（下面的叙述中省略）及已回答的体选项提示，继续提示选择要检查的实体：

输入体编辑选项

[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>: _*check*

选择三维实体: *选择要检查的三维实体对象*

如果对象有效，则将显示以下提示：

此对象是有效的 ShapeManager 实体

…… *（接下来是体编辑提示和类选项提示，参看“3. 分割三维实体”，省略）*

（2）用“特性”选项板检查三维实体的有效性

真实三维实体对象具有可编辑的特性、体积和质量，创建的具有厚度或闭合曲面的对象不共享这些特性、体积和质量。方法是，打开“特性”选项板，选中对象，如果它在“特性”选项板顶部是作为“三维实体”列出的，即可确认该对象是有效的三维实体。

8.2 实体或曲面的倒角、圆角

8.2.1 对三维实体或曲面进行倒角

1. 使用“chamfer”命令

命令“chamfer”不仅可以对二维对象进行倒角，同样可以对实体和曲面对象进行倒角。下面仅讨论“chamfer”命令对三维实体和曲面对象进行倒角。命令的输入方式有：

- 命令: chamfer ↙
- 工具栏：修改→倒角
- 下拉菜单：修改(M) →倒角(C)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“修改”面板→“圆角”下拉按钮菜单→倒角

命令输入后命令行提示：

（“修剪”模式）当前倒角距离 1＝ ＜当前值＞，距离 2＝ ＜当前值＞

选择第一条直线或 [放弃(U)/多段线(P)/距离(D)/角度(A)/修剪(T)/方式(E)/多个(M)]: *光标移动到三维实体或曲面上，选择需要倒角的边（如图 8-30a 所示），基面亮显（如图 8-30b 所示）*

（“多段线(P)/距离(D)/角度(A)/修剪(T)/方式(E)/多个(M)”是对二维对象进行倒角时要设置的选项，在此不去讨论）

基面选择...

输入曲面选择选项 [下一个(N)/当前(OK)] <当前(OK)>: *直接回车接受当前基面 或 输入 “N”切换另一个面为基面（如图 8-30c 所示）*

指定基面的倒角距离＜默认值＞：*输入基面上的倒角距离 或 回车接受默认值*

指定其他曲面的倒角距离＜默认值＞：*输入其他面上的倒角距离 或 回车接受默认值*

选择边或[环(L)]: *在基面上选择要进行倒角的边 或 输入 “L”回车*

… …

选择边或[环(L)]: ↙

基面是选中的倒角边的两个邻面中的一个，当前亮显的面是基面。对提示“输入曲面选择选项 [下一个(N)/当前(OK)] <当前(OK)>：”输入“N”回车，将在两个邻面中切换，如图 8-30 所示。

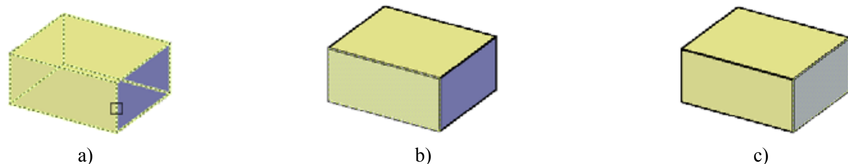


图 8-30 选择基面

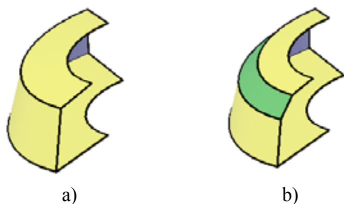
a) 选择要倒角的边 b) 当前基面 c)切换到另一个面

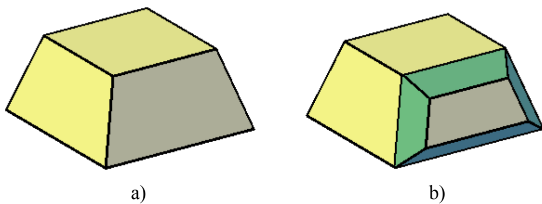
提示“选择边或[环(L)]：”中的“环(L)”选项的作用是让用户选择基面的一条边，AutoCAD 自动将基面的所有边都进行倒角处理。应用该选项后，提示变为“选择边环或[边(E)]：”。对此提示，可选择环，若输入“E”回车，则回到提示“选择边或[环(L)]：”。



注意 对提示“选择边或[环(L)]:”不论选择“边”还是“环”，都必须在基面上选择。

图 8-31 是对旋转曲面的边进行倒角的示例。图 8-32 是对棱台的环进行倒角的示例。


a) b)
图 8-31 对旋转曲面的边进行倒角
a) 倒角前 b) 倒角后


a) b)
图 8-32 对棱台的环进行倒角
a) 倒角前 b) 倒角后

2. 使用“chamferedge”命令

命令“chamferedge”可为三维实体边和曲面边建立倒角，比命令“chamfer”更简便直观。命令的输入方式有：

- 命令: chamferedge ↙
- 工具栏：实体编辑→倒角边
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N)→ 倒角边(C)
- 功能区：三维建模空间→“实体”选项卡→“实体编辑”面板→“圆角”下拉按钮菜单→倒角边

命令输入后命令行出现主提示：

距离 1= ＜当前值＞，距离 2= ＜当前值＞

选择一条边或 [环(L)/距离(D)]: *选择实体或曲面上需要倒角的边 或 输入 “L”、“D” 之一回车*

1. 选择一条边

选择要倒角的边，接下来提示：

选择属于同一个面的边或 [环(L)/距离(D)]: *如果只对一条边进行倒角，直接回车；如果还要对属于同一个面的其他边倒角，继续选择该面的其他边；如果对属于同一个面的所有边都进行倒角，输入“L” 回车，如果要改变倒角距离，输入 “D” 回车*

… …

选择属于同一个面的边或 [环(L)/距离(D)]: ↙

按〈Enter〉键接受倒角或 [距离(D)]: *如果对倒角结果满意，回车；如果要改变倒角距离，输入 “D” 回车*

2. 环(L)

环(L)选项的作用是对属于同一个面上的所有边建立倒角。接下来提示：

选择边环或 [边(E)/距离(D)]: *选择实体或曲面上需要倒角的边(属于同一个面的所有边被选中) 或 输入 “E” 回车，回到主提示；如果要改变倒角距离，输入 “D” 回车*

3. 距离(D)

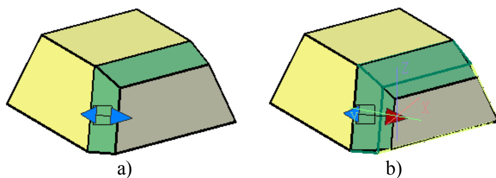
距离(D)选项的作用是设置倒角距离。接下来提示：

指定距离 1<当前值>: *输入第一倒角距离（可用鼠标指定两点）*

指定距离 2<当前值>: *输入第二倒角距离（可用鼠标指定两点）*

接下来回到主提示。

在实体或曲面上选择需要倒角的边或环结束而没有回车确认倒角时，倒角上出现夹点，如图 8-33a 所示。把光标移到夹点上单击鼠标左键，移动光标可动态改变倒角的大小，如图 8-33b 所示。此时命令行会提示：


a) b)
图 8-33 动态改变倒角
a) 倒角上的夹点 b) 拖动夹点动态改变倒角

>>指定距离或[退出(X)]: *移动光标到合适的位置单击 或 输入 "X" 退出拖动夹点方式*

接下来回到提示"按〈Enter〉键接受倒角或 [距离(D)]:"。

8.2.2 对三维实体或曲面进行圆角

1. 使用"fillet"命令

"fillet"命令不仅可以对二维对象进行圆角，同样可以对实体和曲面进行圆角。下面仅讨论"fillet"命令对三维实体和曲面进行圆角。命令的输入方式有：

- 命令: fillet ↙
- 工具栏：修改→圆角
- 下拉菜单：修改(M) →圆角(F)
- 功能区：三维建模空间→"常用"选项卡→"修改"面板→"圆角"下拉按钮菜单→ 圆角

命令输入后命令行提示：

当前设置: *模式 = 修剪，半径 = <当前值>*

选择第一个对象或 [放弃(U)/多段线(P)/半径(R)/修剪(T)/多个(M)]: *选择要圆角的实体或曲面的边*

("多段线(P)/修剪(T)/多个(M)"是对二维对象进行倒角时要设置的选项，在此不去讨论)

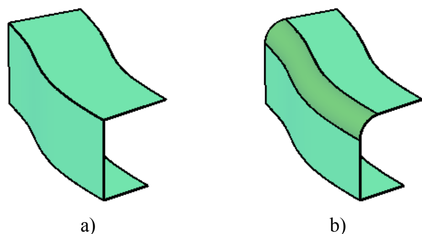
输入圆角半径 <当前值>: *输入圆角半径 或 回车接受圆角半径的默认值*

选择边或[链(C)/半径(R)]: *选择其他要圆角的边 或 输入 "C" 回车选择边链 或 输入 "R" 回车重新设置圆角半径*

……

选择边或 [链(C)/半径(R)]: ↙

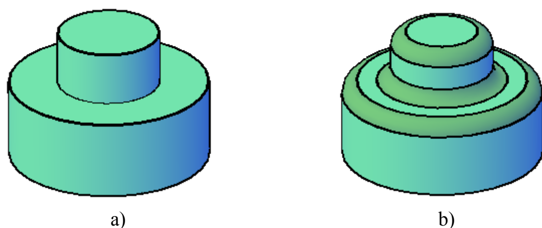
选中的边将按输入的圆角半径进行圆角。图 8-34 是对三维曲面进行圆角的示例。图 8-35 是对三维实体进行圆角的示例。



a)　　b)

图 8-34　对曲面的边进行圆角

a) 圆角前　b) 圆角后

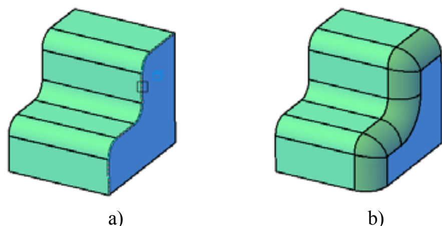


a)　　b)

图 8-35　对实体的边进行圆角

a) 圆角前　b) 圆角后

对提示"选择边或[链(C)/半径(R)]:"输入"C"回车，提示变为"选择边链或 [边(E)/半径(R)]:"。"选择边链"的作用是要求选择一条逐段相切的边(形成链)，选中一条边也就选中了所有与其邻接的相切的边。如图 8-36，选中链的一条边，则所有相切的邻接边都被选中。



a)　　b)

图 8-36　选择边链进行圆角

a) 圆角前（选择边链）　b) 圆角后

2. 使用"filletedge"命令

命令"filletedge"可为三维实体边和曲面边建

立圆角，比命令“fillet”更简便直观。命令的输入方式有：

- 命令: filletedge ↙
- 工具栏：实体编辑→倒角边
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N)→圆角边(F)
- 功能区：三维建模空间→“实体”选项卡→“实体编辑”面板→“圆角”下拉按钮菜单→圆角边

命令输入后命令行出现主提示：

半径 = <当前值>

选择边或 [链(C)/半径(R)]: *选择要圆角的实体或曲面的边 或 输入“C”回车选择边链 或 输入“R”回车重新设置圆角半径*

1. 选择边

选择要圆角的边，接下来该提示重复出现，直至对其回车结束选择。接下来提示：

按〈Enter〉键接受圆角或 [半径(R)]: *如果对圆角结果满意，回车；如果要改变圆角半径，输入“R”回车*

2. 链(C)

“链(C)”选项的作用是对一条逐段相切的边(形成链)进行圆角。如选中相切边中的一条边，则所有相切的邻接边都被选中。接下来提示变为:

“选择边链或 [边(E)/半径(R)]:” *选择链的一条边 或 输入“E”回车，回到主提示；如果改变圆角半径，输入“R”回车*

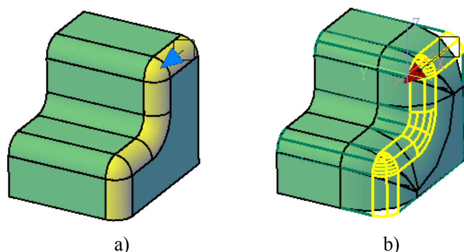
3. 半径(R)

“半径(R)”选项的作用是设置圆角半径。接下来提示：

输入圆角半径 <当前值>: *输入圆角半径值（可用鼠标指定两点）*

接下来回到主提示。

在实体或曲面上选择需要圆角的边或链结束而没有回车确认圆角时，圆角上出现夹点，如图 8-37a 所示（这里选择的是链）。把光标移到夹点上单击鼠标左键，移动光标可动态改变圆角的大小，如图 8-37b 所示。此时命令行会提示：



a)　　b)

图 8-37　动态改变圆角

a) 圆角上的夹点　b) 拖动夹点动态改变圆角

>>指定半径或 [退出(X)]: *移动光标到合适的位置单击 或 输入“X”退出拖动夹点方式*

接下来回到提示“按〈Enter〉键接受圆角或 [半径(R)]:”。

8.3　按住并拖动有边界区域

按住并拖动操作是一项很轻松且有用的操作，可由有限有边界区域或闭合区域创建拉伸，可从实体上的有限有边界区域或闭合区域中创建正拉伸或负拉伸（如实体上的孔或槽），如图 8-38 所示。

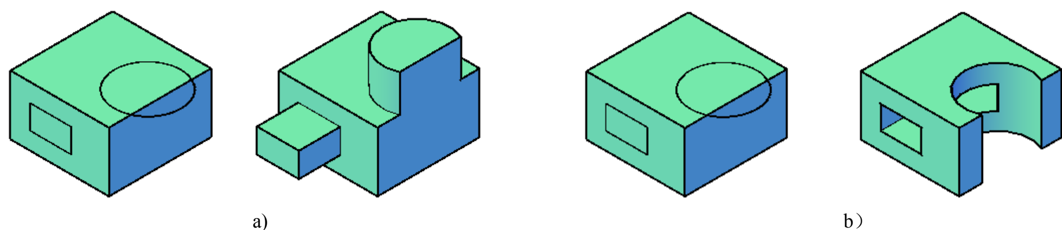


图 8-38　正拉伸和负拉伸

a) 正拉伸（右图删除了圆）　b） 负拉伸(右图删除了圆)

从压印的面，使用按住并拖动操作可创建复杂形状，如图 8-39 所示。

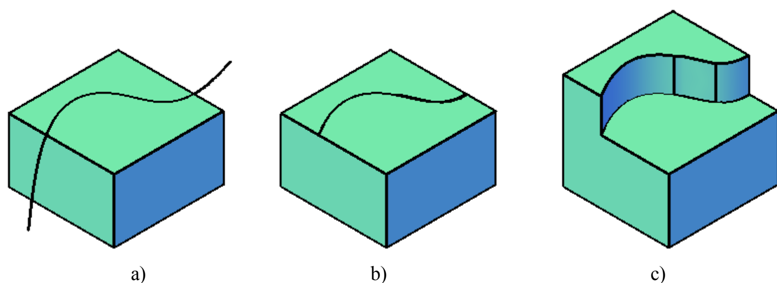


图 8-39　从压印的面拉伸

a) 在顶面画样条曲线　b) 压印　c) 拉伸

8.3.1 按住并拖动的方法

1. 使用“presspull”命令拉伸

使用“presspull”命令可以指定要拉伸的区域，生成三维实体对象，该对象通常具有复合形状。 presspull 命令的输入方式有：

- 命令：presspull　↙
- 工具栏：建模 → 按住并拖动
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“建模”面板→ 按住并拖动； 三维建模空间的“实体”选项卡→“实体”面板→ 按住并拖动

命令输入后提示：

单击有限区域以进行按住或拖动操作。移动光标到拉伸区域的内部，待边界亮显，单击鼠标左键，然后移动光标（拉伸将动态更改）到合适的位置单击 或 输入值回车以指定拉伸的长度。

在拉伸区域的内部单击后，命令行会根据拉伸区域的不同显示拉伸信息。

2. 按〈Ctrl+Shift+E〉组合键拉伸

按住并拖动操作也可按下面方法启动：

按下〈Ctrl+Shift+E〉组合键，移动光标到拉伸区域的内部，待边界亮显，单击鼠标左键，然后移动光标（拉伸将动态更改）到合适的位置单击或输入值回车以指定拉伸的长度。

系统变量“IMPLIEDFACE”控制隐含面的检测。隐含面是一个可通过与三维实体对象上的面相交或重叠来创建边界的闭合区域。若“IMPLIEDFACE”的值为 0，则无法检测隐含面，使用〈Ctrl+Shift+E〉组合键只能拉伸三维面和三维实体面。要选择或修改隐含面，必

须设置“IMPLIEDFACE”的值为 1。“IMPLIEDFACE”的默认值为 1。在命令行改变“IMPLIEDFACE”的取值。

系统变量“IMPLIEDFACE 不影响”“presspull 命令”。

 注意

如果使用“extrude”命令拉伸三维实体上的现有面，其作用是创建一个独立的拉伸对象。而使用按住并拖动操作创建的拉伸对象与原对象是一个整体。如图 8-40 所示。

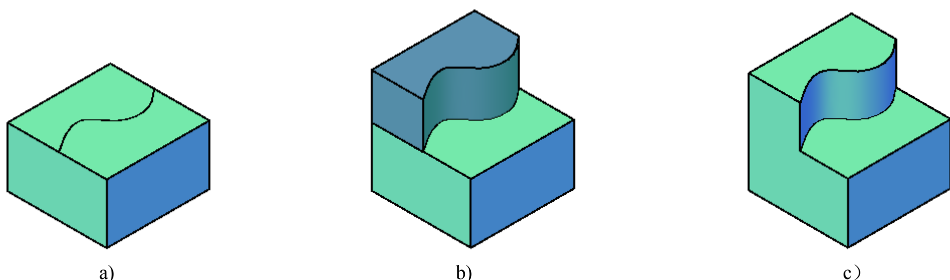


图 8-40 “extrude”命令拉伸与按住并拖动拉伸的区别

a) 把样条曲线压印倒长方体 b) 用“extrude”命令拉伸（两个实体） c) 按住并拖动拉伸（一个整体）

8.3.2 可以按住并拖动的对象类型

可以按住并拖动多种类型的有边界区域，包括闭合对象、由共面几何图形包含的区域、三维实体的面以及三维实体面上的压印区域等，主要有以下几类：

可以通过以零间距公差拾取点来填充的区域，如图 8-41 所示。

由交叉共面和线性几何体（包括边和块中的几何体）围成的区域，如图 8-42 所示。

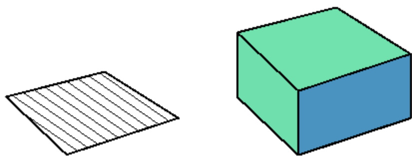


图 8-41 拉伸填充的区域

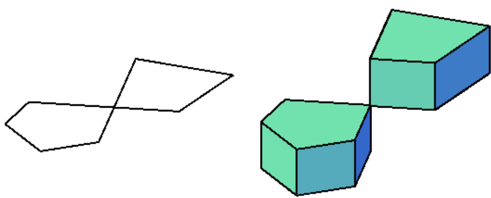


图 8-42 拉伸共面及相交直线围成的区域

具有共面顶点的闭合多段线、面域、三维面和二维实体的面，如图 8-43 所示。

由与三维实体的面共面的几何图形（包括二维对象和面的边）封闭的区域如图 8-38、图 8-39 和图 8-44 所示。

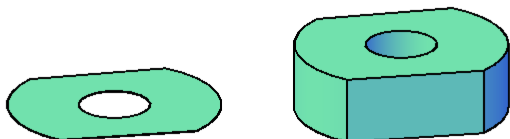


图 8-43 拉伸面域

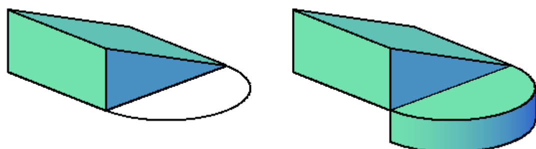


图 8-44 拉伸与三维实体的面共面的封闭图形

8.4 向实体和曲面添加边和面



1. 压印命令“imprint”

通过“imprint”命令，可以压印与选定面重叠的共面对象，从而向三维实体或曲面增加新的边，因而三维实体或曲面添加了新的面。压印到三维实体或曲面上的边可修改或调整实体对象的形状。

可以在三维实体和曲面上压印的对象包括圆弧、圆、直线、二维和三维多段线、椭圆、样条曲线、面域、体及其他三维实体。

压印命令的输入方式为有：

- 命令：imprint ↙
- 工具栏：实体编辑→压印
- 下拉菜单：修改(M) →实体编辑(N) →压印边(I)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡或 “实体”选项卡→“实体编辑”面板→“边编辑”下拉按钮菜单→压印

命令输入后命令行提示：

选择三维实体或曲面：*选择要在其上进行压印的三维实体或曲面*

选择要压印的对象：*选择要被压印的对象*

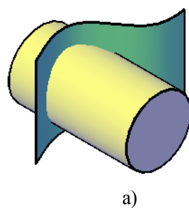
是否删除源对象 [是(Y)/否(N)] <N>：*直接回车或输入 “N” 回车不删除源对象，输入 “Y” 回车删除原对象*

……

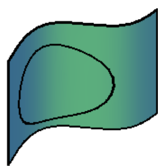
选择要压印的对象：↙

压印命令“imprint”除了可以在实体上压印，还可以在曲面上压印。这是压印命令“imprint”与“solidedit”命令的“体”选项“压印”子选项的不同之处。

图 8-45 是把圆柱体压印到曲面上的示例。图 8-46 是把曲面压印到圆柱体上的示例。



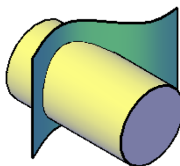
a)



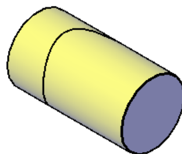
b)

图 8- 45 把圆柱体压印到曲面上

a) 压印前 b) 压印后（删除源对象）



a)



b)

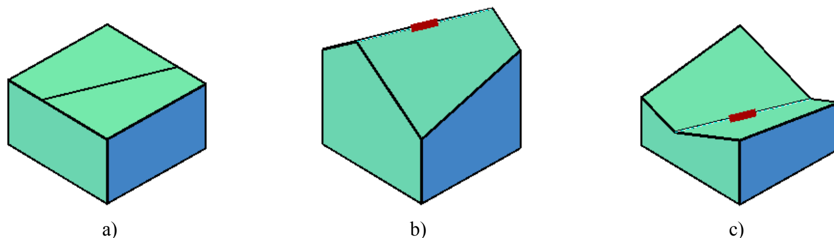
图 8- 46 把曲面压印到圆柱体上

a) 压印前 b) 压印后（删除源对象）

2. 编辑压印的对象

编辑压印子对象时，可以使用多种编辑非压印对象和子对象时所用的方式。如图 8-47、图 8-48 所示，把直线压印到长方体上，使用子对象选择过滤器或按住〈Ctrl〉键，单击选择新边（新面），然后单击选中边（面）的夹点标记，上下移动光标更改其位置（可打开正交），到合适位置单击，或从键盘输入值回车，得到新实体。

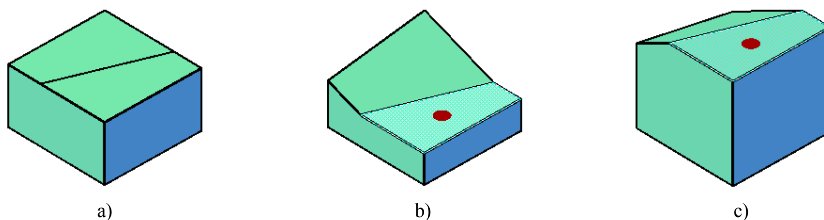




a)　　b)　　c)

图 8-47　移动压印的边

a) 压印直线到长方体上　b) 单击新边夹点向上移动光标　c) 单击新边夹点向下移动光标



a)　　b)　　c)

图 8-48　移动压印的边

a) 压印直线到长方体上　b) 单击新面夹点向下移动光标　c) 单击新面夹点向上移动光标

对于压印的对象及其所在的面，在编辑时可能受到某些限制。

第9章　曲 面 修 改



可使用曲面的修剪、延伸和圆角等命令编辑程序曲面和 NURBS 曲面。对 NURBS 曲面，还可通过拉伸控制点来重塑 NURBS 曲面的形状。完成曲面设计时，可使用曲面分析工具确保模型质量和平滑度，并在必要时重新生成模型。

9.1　曲面修剪与取消修剪

在曲面建模中，可修剪曲面以使其适合于其他对象的边。可以在曲面与相交对象相交处修剪曲面，也可以将几何图形作为修剪边投影到曲面上。修剪后的曲面还可取消修剪。

9.1.1 曲面修剪

命令“surftrim”以曲面、曲线或面域为边界，修剪掉曲面的一部分。如图 9-1 和图 9-2 所示。

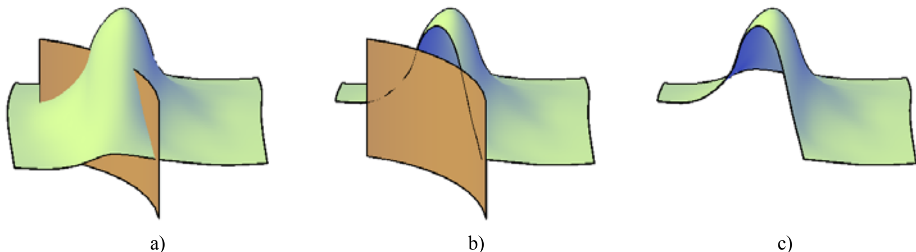


图 9-1　以曲面为修剪边界

a) 被修剪曲面和修剪边界曲面　b) 修剪后保留修剪边界曲面　c) 修剪后删除修剪边界曲面

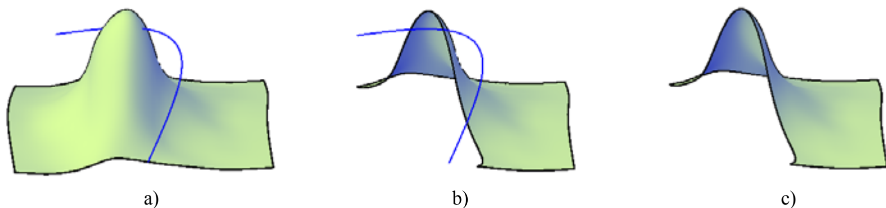
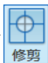


图 9-2　以曲面为修剪边界

a) 被修剪曲面和修剪边界曲线　b) 修剪后保留修剪边界曲线　c) 修剪后删除修剪边界曲线

命令的输入方式有：

- 命令：surftrim ↙
- 工具栏：曲面编辑→曲面修剪
- 下拉菜单：修改(M)→曲面编辑(F)→修剪(T)

● 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“编辑”面板→

命令输入后是主提示：

延伸曲面 = 是，投影 = 自动

选择要修剪的曲面或面域或者 [延伸(E)/投影方向(PRO)]: *选择要被修剪的曲面或面域 或 输入 “E” 回车 或 输入 “PRO” 回车*

1．选择要被修剪的曲面或面域

如果选择要被修剪的曲面或面域，接下来主提示重复：

选择要修剪的曲面或面域或者 [延伸(E)/投影方向(PRO)]: *选择要被修剪的曲面或面域*

……

选择要修剪的曲面或面域或者 [延伸(E)/投影方向(PRO)]: ↙

选择剪切曲线、曲面或面域: *选择作为剪切边界的曲线、曲面或面域*

……

选择剪切曲线、曲面或面域: ↙

选择要修剪的区域 [放弃(U)]: *在曲面上要删除的一侧单击鼠标左键*

……

选择要修剪的区域 [放弃(U)]: ↙

曲面和面域可作为修剪边界。可用做修剪边界的曲线包含直线、圆弧、圆、椭圆、二维多段线、二维样条曲线拟合多段线、二维曲线拟合多段线、三维多段线、三维样条曲线拟合多段线、样条曲线和螺旋线等。


注意　在以曲线作为修剪边界时，特别要注意坐标系的方向，同一曲线修剪边界，因为坐标系的方向不同，曲面被修剪的结果可能大不相同。

如果系统变量“SURFACEASSOCIATIVITY”设定为“1”，即在应用“surftrim”命令之前设定曲面的关联性，被修剪曲面和修剪边界是关联的，只要修改修剪边界，被修剪曲面就会更新。如果系统变量“SURFACEASSOCIATIVITY”设定为“0”，即在应用“surftrim”命令之前取消曲面的关联性，被修剪曲面和修剪边界是独立的，修剪边界的改变，不影响已被修剪的曲面。图 9-1b 和图 9-2b 是被修剪曲面和修剪边界相关联的示例；图 9-1c 和图 9-2c 是被修剪曲面和修剪边界不关联并删除了修剪边界的示例。

2．延伸（E）

对主提示输入“E”回车，控制作为剪切边界的曲面或曲线是否延伸以与被修剪曲面相交进行修剪。接下来提示：

延伸修剪几何图形 [是(Y)/否(N)] <是>: *直接回车或输入 “Y” 回车延伸剪切边界，或输入 “N” 回车不延伸剪切边界*

接下来回到主提示。

在图 9-1 和图 9-2 中如果不延伸剪切边界，将不能进行修剪。

3．投影方向（PRO）

对主提示输入“PRO”回车，将作为剪切边界的几何图形按设置的投影方向投影到曲面上，以确定被修剪曲面上的实际修剪边界。

接下来提示：

指定投影方向 [自动(A)/视图(V)/UCS(U)/无(N)] <自动>: *直接回车或输入 "A" 回车采用 "自动" 投影方向 或 输入 "V"、"U"、"N" 之一回车*

1）自动(A)："自动"的投影方向按如下规定：

在平面平行视图（例如，默认的俯视图、前视图和右视图）中修剪曲面或面域时，剪切边界几何图形将沿视图方向投影到曲面上。

使用平面曲线在角度平行视图或透视视图中修剪曲面或面域时，剪切边界几何图形将沿与曲线平面垂直的方向投影到曲面上。

使用三维曲线在角度平行视图或透视视图（例如，默认的透视视图）中修剪曲面或面域时，剪切边界几何图形将沿与当前 UCS 的 Z 方向平行的方向投影到曲面上。

2）视图(V)：基于当前视图投影几何图形，即投影方向垂直于当前屏幕。

3）UCS(U)：沿当前 UCS 的 +Z 轴和 −Z 轴投影几何图形，即投影方向与 Z 轴平行。

4）无(N)：仅当剪切曲线位于曲面上时，才会修剪曲面。

图 9-3 是剪切曲线分别为空间闭合曲线和圆时，分别采用"自动(A)"和"视图(V)"投影方向对曲面修剪的结果。

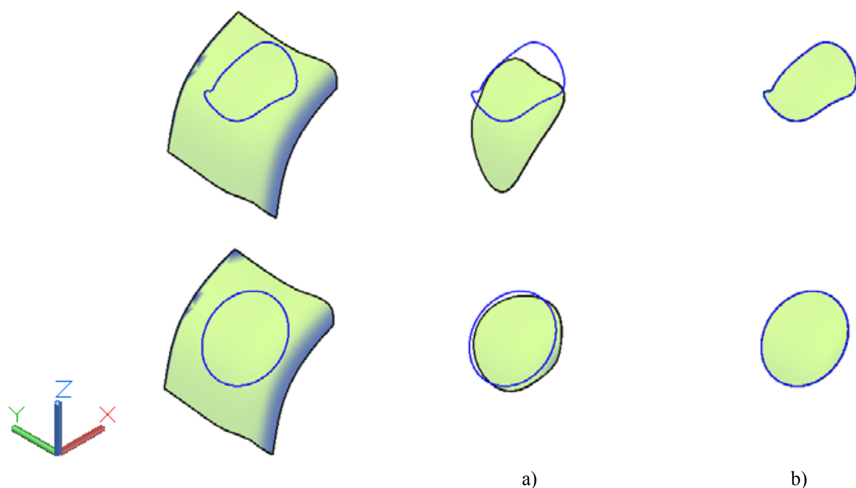


图 9-3　投影方向对修剪曲面的影响

a）投影方向为自动　b）投影方向为视图

在实际修剪时，适时地改变坐标系的方向，可修剪出想要的结果。

9.1.2 取消曲面修剪

修剪曲面后，可使用"surfuntrim"替换删除的曲面区域。

命令的输入方式有：

- 命令：surunftrim ↙
- 工具栏：曲面编辑→曲面取消修剪
- 下拉菜单：修改(M)→曲面编辑(F)→ 取消修剪(U)
- 功能区：三维建模工作空间→"曲面"选项卡→"编辑"面板→取消修剪

命令输入后提示：

选择要取消修剪的曲面边或 [曲面(SUR)]: *选择已被修剪的曲面上的剪切边界曲线 或 输入“SUR”回车*

1）如果选择已被修剪的曲面上的剪切边界曲线，接下来重复提示：

选择要取消修剪的曲面边或 [曲面(SUR)]: *选择已被修剪的曲面上的剪切边界曲线*

……

选择要取消修剪的曲面边或 [曲面(SUR)]: ↙

2）如果输入“SUR”回车，接下来重复提示：

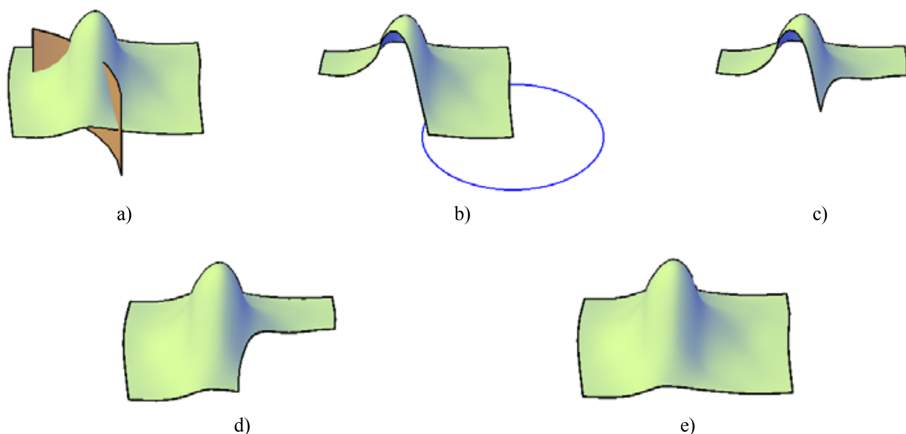
选择要取消修剪的曲面: *选择已被修剪的曲面*

……

选择要取消修剪的曲面: ↙

如上的两种操作结束，曲面即被恢复。

如果修剪边依赖于另一条也已被修剪的曲面边，则用户可能无法完全恢复修剪区域。图 9-4 是取消被曲面和曲线修剪的部分的效果。



a) b) c)

d) e)

图 9-4 取消曲面修剪

a) 曲面被曲面修剪 b) 曲面被曲线修剪（删除修剪曲面） c) 两次修剪后的结果（删除修剪曲线）

d) 取消被曲面修剪的部分 e) 取消被曲线修剪的部分

 注意

“surfuntrim”不会恢复由系统变量“SURFACEAUTOTRIM”和投影几何图形命令“projectgeometry”删除的区域，而只是恢复由“surftrim”修剪的区域。

9.2 投影几何图形

9.2.1 投影几何图形命令

“projectgeometry”命令可从不同方向将任何曲线投影到任何类型的曲面或实体上，且曲线并不一定实际接触曲面。如果可能，还可修剪选定的三维实体或曲面。

可投影的曲线包括直线、圆弧、圆、椭圆、二维多段线、二维样条曲线拟合多段线、二

维曲线拟合多段线、三维多段线、三维样条曲线拟合多段线、样条曲线或螺旋线等。

命令的输入方式有：

- 命令：projectgeometry ↙。
- 功能区：三维建模工作空间的“曲面”选项卡→“投影几何图形”面板→投影到UCS 或 投影到视图 或 投影到两个点

命令输入后主提示为：

曲面自动修剪 =<当前值>

选择要投影的曲线、点或 [投影方向(PRO)]: *选择要被投影的曲面、点 或 输入 “PRO” 回车*

1．选择要投影的曲线、点

如果选择要投影的曲线、点，将先选择投影的曲线、点和要投影到的目标，再确定投影方向。接下来提示：

选择要投影的曲线、点或 [投影方向(PRO)]: *选择要被投影的曲线、点*

……

选择要投影的曲线、点或 [投影方向(PRO)]: ↙

选择一个实体、曲面或面域作为投影目标: *选择要向其投影的曲面、实体或面域*

指定投影方向 [视图(V)/UCS(U)/点(P)] <视图>: *直接回车或输入 “V” 回车采用 “视图” 投影方向 或 输入 “U” 回车采用当前UCS 的Z 轴为投影方向 或 输入 “P” 回车以两点间的路径为投影方向*

投影方向确定后操作结束。

2．投影方向(PRO)

对主提示输入“PRO”回车，将选择曲线、点的投影方向。接下来提示：

指定投影方向 [视图(V)/UCS(U)/点(P)] <视图>: *直接回车或输入 “V” 回车采用 “视图” 投影方向 或 输入U 回车采用当前UCS 的Z 轴为投影方向 或 输入 “P” 回车以两点间的路径为投影方向*

1）视图(V)：基于当前视图投影曲线、点，即投影方向垂直于当前屏幕。如果单击三维建模工作空间的“曲面”选项卡中“投影几何图形”面板的“投影到视图”按钮，就是选择了这一项。

2）UCS(U)：沿当前 UCS 的 +Z 轴和 −Z 轴投影曲线、点，即投影方向与 Z 轴平行。如果单击三维建模工作空间的“曲面”选项卡中“投影几何图形”面板的“投影到 UCS”按钮，就是选择了这一项。

3）点(P)：指定两点，沿两点间的直线投影曲线、点。如果单击三维建模工作空间的“曲面”选项卡中“投影几何图形”面板的“投影到两个点”按钮，就是选择了这一项。

接下来提示：

选择要投影的曲线、点或 [投影方向(PRO)]: *选择要被投影的曲线、点*

……

选择要投影的曲线、点或 [投影方向(PRO)]: ↙

选择一个实体、曲面或面域作为投影目标: *选择要向其投影的曲面、实体或面域*

选择投影目标后操作结束。

在图 9−5 中，图 9−5a 是采用“投影到 UCS”的效果；图 9−5b 是采用“投影到视图”的效果；图 9−5c 是采用“投影到两个点”的效果，起点是 A 点，端点是 B 点。

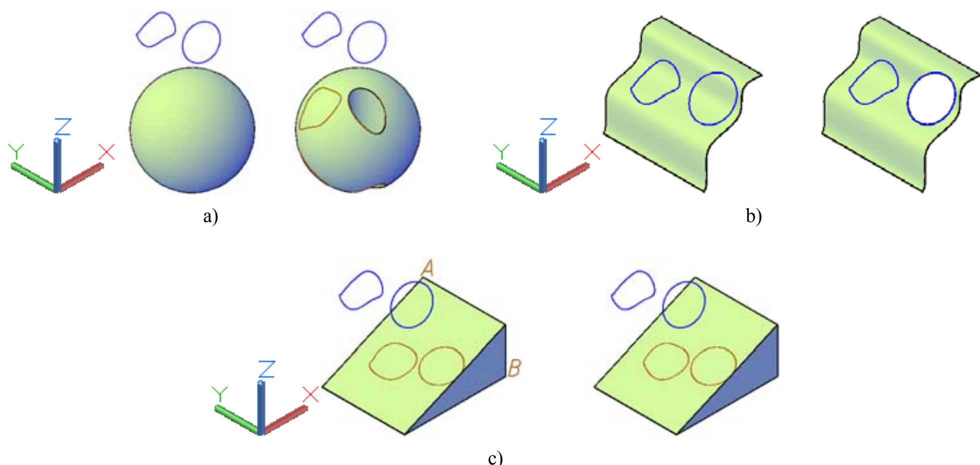


图 9-5　投影几何图形

a) 采用“投影到 UCS”　b) 采用“投影到视图”　c) 采用“投影到两个点”

9.2.2 投影几何图形时自动修剪的设定

系统变量“SURFACEAUTOTRIM”用于设定在将几何图形投影到曲面上时是否自动修剪曲面。“SURFACEAUTOTRIM”为 0 时，使用“projectgeometry”命令将几何图形投影到曲面上时不会修剪曲面；“SURFACEAUTOTRIM”为 1 时，自动根据使用“projectgeometry”投影的几何体修剪曲面。在图 9-5 中，设置“SURFACEAUTOTRIM”为 1。

设置“SURFACEAUTOTRIM”值的方式有两种：

1）从命令行输入该系统变量，对提示“输入‘SURFACEAUTOTRIM’的新值<当前值>：”以 0 或 1 响应。

2）从三维建模工作空间的“曲面”选项卡的“投影几何图形”面板单击按钮，可使系统变量“SURFACEAUTOTRIM”在 0 和 1 之间转换。

9.3 延伸曲面

延伸曲面命令“surfextend”可通过将曲面延伸到与另一对象的边相交或指定延伸长度来创建新曲面。可以合并延伸曲面（作为原始曲面的一部分），也可以附加延伸曲面（创建与原始曲面相邻的第二个曲面）。

命令的输入方式有：

- 命令：surfextend ↙
- 工具栏：曲面编辑→曲面延伸
- 下拉菜单：修改(M)→曲面编辑(F)→延伸(E)
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“编辑”面板→延伸

命令输入后提示：

模式 =<当前模式>，创建 =<当前创建类型>

选择要延伸的曲面边：*选择要延伸的曲面的边*

……
选择要延伸的曲面边：↙

选择要延伸的曲面的边结束后出现主提示：

指定延伸距离或 [表达式(E)/模式(M)]: *输入延伸距离或移动鼠标到合适的位置单击左键（动态确定延伸距离）或 输入 "E" 回车 或 输入 "M" 回车*

1. 指定延伸距离

如果指定延伸距离，将按默认方式延伸曲面。

2. 表达式(E)

如果对主提示输入"E"回车，将通过输入公式或方程式来指定曲面延伸的长度。接下来提示：

输入表达式： *输入公式或方程式*

3. 模式(M)

如果对主提示输入"M"回车，将选择延伸模式。接下来提示：

延伸模式 [延伸(E)/拉伸(S)] <当前延伸模式>: *直接回车默认当前模式 或 输入 "E" 回车选择延伸 或 输入 "S" 回车选择拉伸*

（1）延伸(E)

尝试模仿并延续曲面形状的方式延伸曲面。

（2）拉伸(S)

拉伸曲面，而不尝试模仿并延续曲面形状。

接下来提示：

创建类型 [合并(M)/附加(A)] <当前创建类型>: *直接回车默认当前创建类型 或 输入 M 回车选择合并 或 输入 A 回车选择附加*

1）合并：创建的新曲面是原曲面（如图 9-6a 所示）的延续，没有接缝。或者说新创建的曲面与原曲面是一整体，如图 9-6b 所示。

2）附加：通过创建另一个曲面来延伸曲面，有接缝。即新创建曲面与原曲面相邻且延续，但并非一个曲面，如图 9-6c 所示。如果原始曲面为 NURBS 曲面，则新延伸曲面也将为 NURBS 曲面。

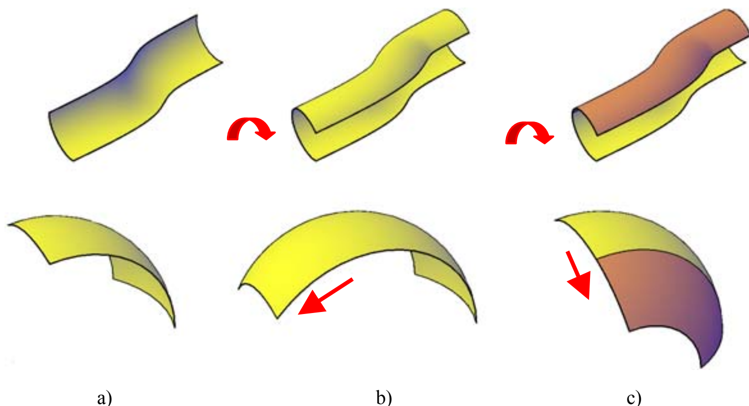


图 9-6 曲面合并延伸与附加延伸

a) 原曲面 b) 延伸后合并 c) 延伸后附加

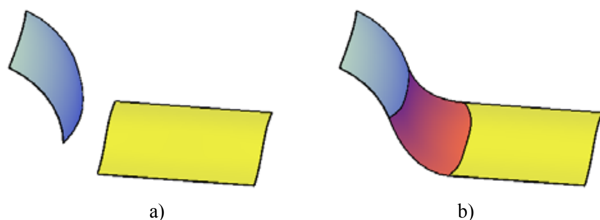
接下来回到提示：

指定延伸距离或 [模式(M)]: *输入延伸距离或移动鼠标到合适的位置单击左键（动态确定延伸距离）*

延伸曲面可在“特性”选项板的“几何图形”面板中进行更改。

9.4 曲面进行圆角处理

曲面圆角命令“surffillet”用于在两个曲面或面域之间创建一个新的过渡曲面，以对两个现有曲面或面域之间的区域进行圆角处理，如图 9-7 所示。默认情况下，命令“surffillet”会自动修剪原始曲面，以连接圆角曲面的边。



a)　　b)

图 9-7　在两个不同的曲面之间创建圆角

a) 原曲面　b) 创建圆角后



注意　不是随意两个曲面之间或曲面与平面间都可以进行圆角处理。圆角处理能否进行常和曲面“曲”的程度以及相互位置等有关。

命令的输入方式有：

- 命令：surffillet ↙
- 工具栏：曲面创建→曲面圆角
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(F)→曲面(F)→圆角(F)

功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“编辑”面板→圆角

命令输入后是主提示：

半径 =<当前值>，修剪曲面 =<当前设置>

选择要圆角化的第一个曲面或面域或者 [半径(R)/修剪曲面(T)]: *选择要圆角的第一个曲面或面域 或 输入“R”回车设置圆角半径 或 输入“T”回车进行曲面修剪设置*

1．选择要圆角化的第一个曲面或面域

按当前的默认圆角半径和修剪设置进行圆角。接下来提示：

选择要圆角化的第二个曲面或面域或者 [半径(R)/修剪曲面(T)]: *选择要圆角的第二个曲面或面域 或输入“R”回车设置圆角半径 或 输入“T”回车设置曲面修剪设置*

如果选择要圆角的第二个曲面或面域则命令结束。如果输入“R”回车将设置圆角半径，接下来重复该提示。如果输入 T 回车将设置曲面修剪设置，接下来重复该提示。

2．半径(R)

对主提示输入“R”回车，将指定圆角半径。可使用圆角夹点或输入值来更改半径。半径值不能小于曲面之间的间隙，当然也不能太大。如果未输入半径值，将使用系统变量“FILLETRAD3D”的值。系统变量“FILLETRAD3D”存储三维对象的当前圆角半径。接下来

提示：

指定半径或 [表达式(E)] <当前值>: *直接回车默认半径值 或 输入半径值 或输入 "E" 回车通过输入公式或方程式来指定圆角半径（略）*

接下来回到主提示。

设置圆角半径也可在选择第二个曲面或面域之前。

3．修剪曲面(T)

对主提示输入"T"回车，将在两个曲面或面域之间创建圆角时，选择是否将原始曲面或面域修剪到圆角曲面的边，如图 9-8 所示。接下来提示：

自动根据圆角边修剪曲面 [是(Y)/否(N)] <当前设置>: *直接回车默认当前设置 或 输入 "Y" 回车修剪 或 输入 "N" 回车不修剪*

接下来回到主提示。

设置修剪也可在选择第二个曲面或面域之前进行。

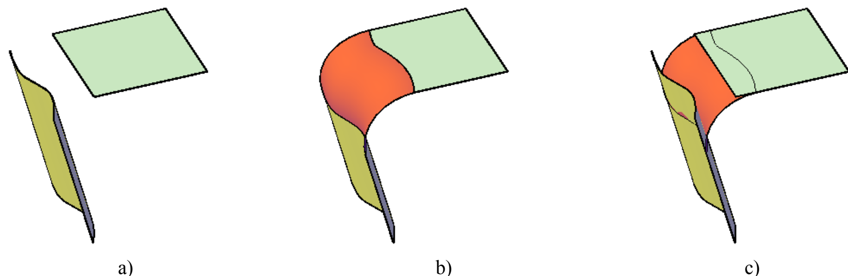


图 9-8 在平面和曲面之间创建圆角

a) 原平面和曲面 b) 创建圆角修剪原平面和曲面 c) 创建圆角不修剪原平面和曲面

在创建曲面圆角后，可通过拖动曲面圆角上的圆角夹点来更改半径，如图 9-9 所示。曲面圆角的半径也可在"特性"选项板的"几何图形"面板中进行更改。

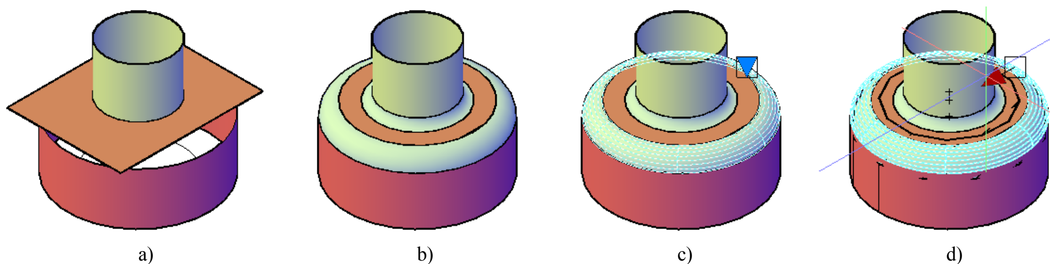


图 9-9 拖动圆角夹点来更改半径

a) 原平面和曲面 b) 创建两个圆角 c) 选中大圆角出现夹点 d) 单击夹点移动鼠标

9.5 编辑 NURBS 曲面或曲线

首先注意，在编辑 NURBS 曲面和曲线时，使用命令"cvshow"可显示 NURBS 曲面和曲线的控制点。使用命令"cvhide"可关闭所有 NURBS 曲面和曲线的控制点的显示（见第 4 章）。

如果想利用 NURBS 编辑功能编辑程序曲面，应使用命令"convtonurbs"将程序曲面转

换为 NURBS 曲面，必要时，还要使用命令“cvrebuild”重新生成曲面。

编辑 NURBS 曲面和曲线的形状主要有两种方法：直接拖动控制点和使用三维控制点编辑栏。

9.5.1 直接拖动控制点编辑 NURBS 曲面或曲线

直接拖动控制点编辑 NURBS 曲面（或曲线）可以重塑其形状，具体的步骤是：

1）首先显示 NURBS 曲面（或曲线）的控制点。

2）移动鼠标到要编辑的 NURBS 曲面（或曲线）上单击左键，所有控制点都成为选中状态。

3）在要编辑的控制点上单击鼠标左键（该控制点将成为红色热点），移动鼠标，曲面（或曲线）将动态变化，到合适位置再单击鼠标左键，曲面被修改。如果按住〈Shift〉键，可选择多个控制点成为热点，从而可拖动多个控制点。

图 9-10 是直接拖动控制点编辑 NURBS 曲面的过程。

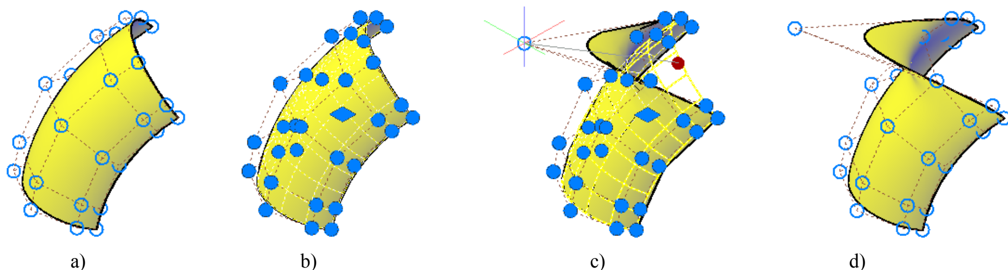


图 9-10 直接拖动控制点编辑 NURBS 曲面

a) 显示控制点 b) 选中控制点 c) 拖动热点 d) 修改完成

9.5.2 三维控制点编辑栏

1. 三维控制点编辑栏命令

使用三维控制点编辑栏命令“3deditbar”可重塑 NURBS 曲面相切的形状，更改曲面特定点处沿 U 和 V 方向的切向。通过指定精确坐标，可以用极高的精度编辑曲面。图 9-11 是用控制点编辑栏编辑 NURBS 曲面的过程。

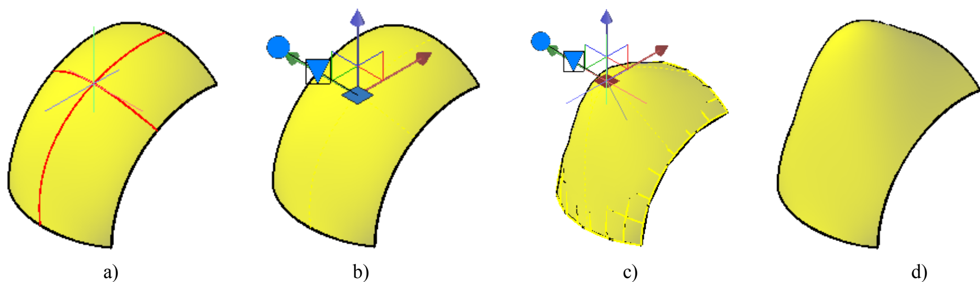


图 9-11 三维编辑栏修改 NURBS 曲面

a) 选择曲面后 b) 在曲面上选择点 c) 选中并移动小控件 d) 编辑完成

命令的输入方式有：

● 命令：3deditbar ↙

● 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“控制点”面板→

命令输入后提示：

选择要编辑的 NURBS 曲面：*选择要编辑的 NURBS 曲面（随即在曲面上随光标出现 U、V 两个方向的红色交线，如图 9-11a 所示）*

在 NURBS 曲面上选择点。*移动光标在曲面的合适位置单击*

在 NURBS 曲面上选择点以后，选择点处出现三维控制点编辑栏，如图 9-11b 所示：包括移动小控件（三个轴和方形夹点），在曲面的 U 方向连接选择点和幅值把手点（圆形夹点）的把手（也叫句柄）线，在把手线上的方框内的展开面板夹点（三角形夹点）。三种夹点（方形夹点、圆形夹点和三角形夹点）统称为三维控制点编辑栏夹点。接下来是主提示：

移动小控件以更改点位置或 [基点(B)/位移(D)/放弃(U)/退出(X)]<退出>: *在幅值把手点或移动小控件上单击鼠标左键后移动光标 或 直接回车或输入 “X” 退出命令 或 输入 “B”、“D”、“U” 之一回车*

（1）移动小控件以更改点位置

通过移动小控件或幅值把手点修改曲面。

1）将光标移到小控件的一条轴上或由两条彩色细线与轴围成的矩形标识上，待其变为黄色后，单击鼠标左键，再移动光标，将以选择点作为基点，动态改变曲面的形状。（关于小控件修改参看 7.4.4 节）。也可以在方形夹点（即基点）上单击鼠标左键，待其变为红色后，移动光标，将以选择点作为基点，动态改变曲面的形状。此时命令行提示：

指定移动点或 [基点(B)/复制(C)/放弃(U)/退出(X)]: *输入点的坐标或移动光标到合适位置单击鼠标左键 或 输入 “X” 退出该提示返回主提示或输入 “B”、“C”、“U” 之一回车*

① 基点(B)：改变小控件的起点位置，接下来提示：

指定基点：*输入新的基点*

接下来提示重新出现。

② 复制(C)：在移动小控件时，原曲面不变，重新创建一个新的曲面。接下来该提示重新出现。

③ 放弃(U)：取消前面的操作返回该提示。

2）如果在幅值把手点上单击鼠标左键，待其变为红色沿把手线移动光标，将改变曲面幅值。此时命令行提示：

指定幅值或 [退出(X)]: *输入幅值 或 移动光标到合适的位置单击鼠标左键*

接下来回到主提示。

（2）基点(B)

在 NURBS 曲面上选择点以后，选择点即为编辑的基点。如果是刚开始命令就对主提示输入“B”回车，将改变基点；如果在编辑了若干点后对主提示输入“B”回车，将指定下一个编辑点。接下来提示：

在 NURBS 曲面上选择点：*移动光标在曲面的合适位置单击（在曲面上重新出现随光标移动的 U、V 两个方向的交线）*

接下来回到主提示。

（3）位移(D)

对主提示输入“D”回车，将使用在命令提示下输入的坐标值指定控制点位置的相对距离和方向。接下来提示：

指定位移 <0，0，0>: *输入位移 或 移动鼠标在曲面合适位置单击左键*

（4）放弃(U)

对主提示输入“U”回车，将取消前面的操作而不退出控制点编辑栏。

2.“控制点编辑栏”快捷菜单

在移动小控件、幅值把手点或把手线以及展开面板夹点上单击鼠标右键，将显示“控制点编辑栏”快捷菜单，用于设定控制点的相切和位置以及移动或对齐编辑栏的选项，如图 9-12 所示。

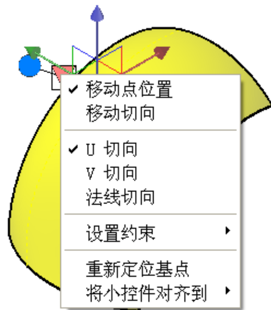


图 9-12 展开面板夹点上的“控制点编辑栏”快捷菜单

各菜单项意义如下：

1）移动点位置：选择此选项后，方形夹点在基点（选择曲面点）上，在方形夹点上单击鼠标左键，待其变为红色后移动光标，将动态改变曲面的形状，即会重塑 NURBS 曲面的形状。

2）移动切向：选择此选项后，展开面板夹点和方形夹点交换位置，即小控件转到把手线，展开面板夹点转到基点。此时鼠标左键单击小控件的方形夹点，待其变为红色后移动光标，幅值把手点或把手线将随之转动，从而改变 U 方向在基点的切向或相切度。

在展开面板夹点上单击鼠标左键也可交换展开面板夹点和方形夹点位置。

3）U 切向：选择此选项后，编辑栏移到 U 轴，幅值把手点或把手线在 U 方向。在方形夹点上单击鼠标左键，待其变为红色后移动光标，U 方向始终不变，即将切向约束在 U 方向，如图 9-11b 所示。

4）V 切向：选择此选项后，编辑栏移到 V 轴，幅值把手点或把手线在 V 方向。在方形夹点上单击鼠标左键，待其变为红色后移动光标，V 方向始终不变，即将切向约束在 V 方向（读者可在图 9-11 中试之）。

5）法线切向：选择此选项后，把手线在 U、V 的共同垂直方向（读者可在图 9-10 中试之），在方形夹点上单击鼠标左键，待其变为红色后移动光标，移动编辑栏，U、V 的共同垂直方向不变。

6）设定约束：设定是否将相切或点位置更改约束到特定轴或平面。子选项包括“X”、“Y”、“Z”、“XY”、“YZ”、“XZ”。如果选择 X（Y 或 Z），对曲面的更改仅限于小控件的 X（Y 或 Z）轴方向，此时编辑栏仅能在 X（Y 或 Z）轴方向移动。如果选择 XY（YZ 或 ZX ），对曲面的更改仅限于小控件的 XY（YZ 或 ZX）平面方向，此时编辑栏仅能在 XY（YZ 或 ZX）平面上移动。

当需要限制曲面的编辑方向时，设置约束很有用。

7）重新定位基点：移动到新位置并添加新控制点，以编辑曲面的不同部分。选择此选项后，命令行提示：

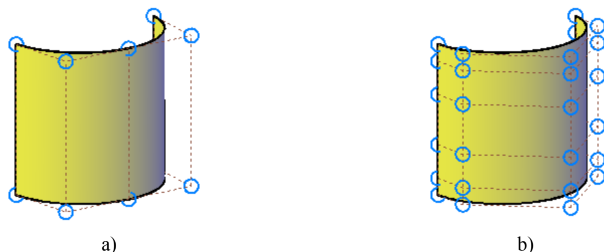
在曲面上重新定位编辑栏: *移动鼠标，在曲面上输入一个新点*

8）将小控件对齐到：更改小控件的轴与坐标系的对齐方式，有“世界 UCS”、“当前 UCS”和“对象”三个子选项。选择“世界 UCS”，小控件的轴与世界坐标系的坐标轴方向一致；选择“当前 UCS”，小控件的轴与当前用户坐标系的坐标轴方向一致。选择 “对象”，小控件的 X 轴与 U 方向一致，Y 轴与 V 方向一致。



9.5.3 曲面重新生成命令

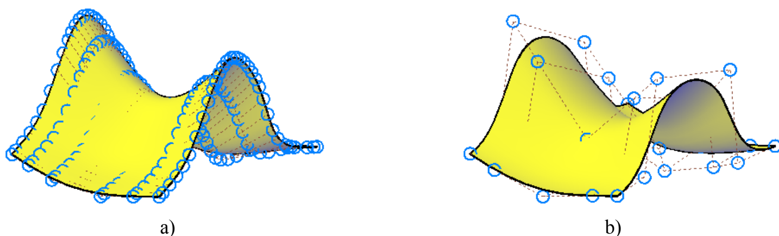
在曲面修改时，有些 NURBS 曲面可能因为阶数较低，无法直接用控制点编辑曲面或者用控制点编辑栏修改曲面，如图 9-13a 所示。也有些 NURBS 曲面可能因为控制点过多而不易编辑，如图 9-14a 所示。这时，可使用“cvrebuild”命令重新生成在 U 或 V 方向上具有合适控制点数与合适阶数的 NURBS 曲面和曲线，从而通过控制点或控制点编辑栏重新生成控制点外壳线，进而可以重塑 NURBS 曲面的形状，重新生成还可让用户删除原曲面，重新放置修剪区域，如图 9-13b、图 9-14b 所示。



a)　　　　b)

图 9-13　阶数较低的 NURBS 曲面重新生成可编辑的 NURBS 曲面

a) 阶数较低的 NURBS 曲面　b) 重新生成阶数较高的 NURBS 曲面



a)　　　　b)

图 9-14　控制点较多的 NURBS 曲面重新生成可编辑的 NURBS 曲面

a) 控制点较多的 NURBS 曲面　b) 重新生成控制点少的 NURBS 曲面

命令的输入方式有：

- 命令：cvrebuild ↙
- 工具栏：曲面编辑→曲面控制点→重新生成
- 下拉菜单：修改(M)→曲面编辑(F)→NURBS 曲面编辑(E)→重新生成(R)
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“控制点”面板→重新生成

命令输入后提示：

选择要重新生成的 NURBS 曲面或曲线：*选择要重新生成的 NURBS 曲面或曲线*

1. 用“cvrebuild”命令重新生成曲面

如果选择一个曲面，随即打开“重新生成曲面”对话框，如图 9-15 所示。





图 9-15 “重新生成曲面”对话框

1）“控制点计数”栏：确定 U 方向和 V 方向上的控制点数量。

“沿 U 方向(U)”文本框：指定 U 方向上的控制点数量（由系统变量“REBUILDU”设定，有效值是 3～32767 之间的整数）。直接从文本框输入值或单击文本框右侧的增减按钮改变控制点数。

“沿 V 方向(V)”文本框：指定 V 方向上的控制点数量（由系统变量“REBUILDV”设定，有效值是 3～32767 之间的整数）。直接从文本框输入值或单击文本框右侧的增减按钮改变控制点数。

2）“阶数”栏：指定每个范围可用的控制点数量。数值越大，曲面越复杂。

“沿 U 方向(I)”文本框：指定 U 方向上的 NURBS 曲面的阶数（由系统变量“REBUILDDEGREEU”设定，有效值是 2～11 之间的整数）。直接从文本框输入值或单击文本框右侧的增减按钮改变控阶数。

“沿 V 方向(E)”文本框：指定 V 方向上的 NURBS 曲面的阶数（由系统变量“REBUILDDEGREEV”设定，有效值是 2～11 之间的整数）。直接从文本框输入值或单击文本框右侧的增减按钮改变控阶数。

3）“选项”栏：控制重新生成 NURBS 曲面时的删除和修剪选项，由系统变量“REBUILDOPTIONS”设定。系统变量“REBUILDOPTIONS”的取值如表 9-1 所示。

表 9-1 系统变量“REBUILDOPTIONS”的取值

值	当用户使用 “cvrebuild”命令时
0	不删除原始曲面，且修剪的区域不会应用到重新生成的对象
1	删除原始曲面，且修剪的区域不会应用到重新生成的对象
2	不删除原始曲面，且修剪的区域将应用到重新生成的对象
3	删除原始曲面，且修剪的区域将应用到重新生成的对象

“删除原始几何图形(D)”复选框：是否将原始曲面与重新生成的曲面一起保留。

“重新修剪先前修剪的曲面(R)”复选框：是否将原始曲面上修剪的区域应用到重新生成的曲面上。

两个复选框都不选中，相当于“REBUILDOPTIONS”取 0；“删除原始几何图形”选中，“重新修剪先前修剪的曲面”不选中，相当于“REBUILDOPTIONS”取 1；“删除原始几何图形”不选中，“重新修剪先前修剪的曲面”选中，相当于“REBUILDOPTIONS”取 2；两个复选框都选中，相当于“REBUILDOPTIONS”取 3。

（4）最大偏差

显示原曲面和新曲面之间的最大偏差。

（5）“预览”按钮

单击该按钮，命令行提示：

按〈ESC〉键返回到对话框或按〈ENTER〉键接受曲面重新生成：按〈ESC〉键或按〈ENTER〉键

2. 用“cvrebuild”命令重新生成曲线

如果选择一条样条曲线，随即打开“重新生成曲线”对话框，如图 9-16 所示。如果选择一条非样条曲线（如直线、圆弧），会显示“曲面建模 – 转换为样条曲线”消息，提示先将非样条曲线转换为样条曲线，确定后打开“重新生成曲线”对话框。



图 9-16 “重新生成曲线”对话框

通过“重新生成曲线”对话框更改控制点数量和 NURBS 曲线的阶数。重新生成 NURBS 曲线的形状。

（1）“曲线几何图形细节”栏

“控制点计数(C)”文本框：指定控制点数量（由系统变量“REBUILD2DCV”设定，有效值是 2～32767 之间的整数）。直接从文本框输入值或单击文本框右侧的增减按钮改变控制点数。

“阶数”文本框：指定 NURBS 曲线的阶数（由系统变量“REBUILD2DDEGREE”设定，有效值是 1～11 之间的整数）。直接从文本框输入值或单击文本框右侧的增减按钮改变控阶数。

（2）“选项”栏

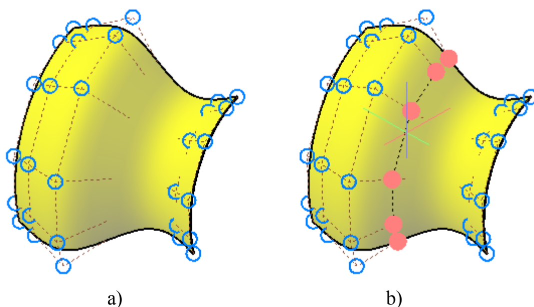
“删除原始几何图形(E)”复选框：是否将原始曲线与重新生成的曲线一起保留。选中，相当于系统变量“REBUILD2DOPTION”取 1；不选中，相当于系统变量“REBUILD2DOPTION”取 0。

（3）最大偏差

显示原曲线和新曲线之间的最大偏差。

9.5.4 在 NURBS 曲面和样条曲线上添加控制点

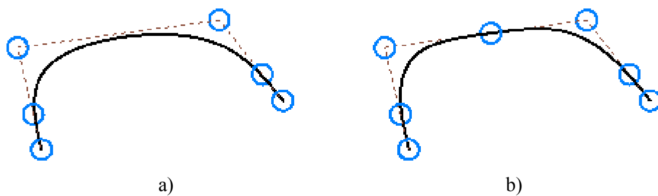
命令“cvadd”可将新控制点添加到 NURBS 曲面和样条曲线上。图 9-17 显示了在曲面 V 方向添加的一行控制点的过程。图 9-18 是样条曲线上增加一个控制点的过程。



a)　　　　b)

图 9-17　在曲面 V 方向添加的一行控制点

a) 添加前　b) 添加后



a)　　　　b)

图 9-18　在样条曲线上增加一个控制点

a) 添加前　b) 添加后

命令的输入方式：

- 命令：cvadd ↙
- 工具栏：曲面编辑→曲面控制点→添加
- 下拉菜单：修改(M)→曲面编辑(F)→NURBS 曲面编辑(E)→添加控制点(A)
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“控制点”面板→添加

命令输入后提示：

选择要添加控制点的 NURBS 曲面或曲线：*选择曲面或曲线*

下面就选择曲面和选择曲线分别讨论。

1. 选择曲面

如果选择的曲面是有效的 NURBS 曲面，曲面上显示控制点和待添加的粉红色控制点，命令行出现选择曲面后的主提示为：

沿 U 方向添加控制点

在曲面上选择点或 [插入节点(K)/方向(D)]: *在曲面上选择点 或 输入 “K”、“D” 之一回车*

如果选择的曲面不是有效曲面，有两种情况：

选择的不是 NURBS 曲面，命令行将提示所选对象类型无效，这时需要使用 “convtonurbs” 命令将其转换为 NURBS 曲面。

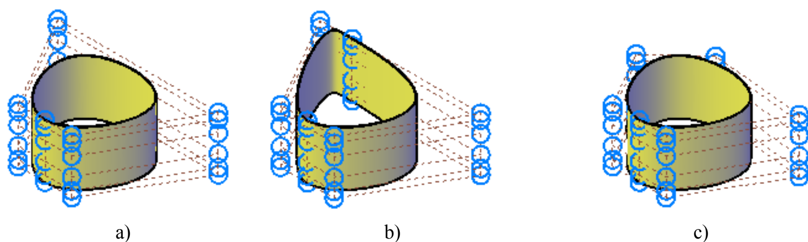
选择的虽是 NURBS 曲面，但其阶数不是 3 阶以上，这时将出现 “曲面建模 – 无法编辑曲面” 提示框，关闭此提示框，使用重新生成命令 “cvrebuild” 将曲面的阶数转到 3 阶以上，再使用 “cvadd” 命令，选择曲面后将出现主提示。

（1）在曲面上选择点

在曲面上移动光标，到合适的位置单击鼠标左键，即在曲面的 U 方向添加了控制点，此时曲面适应添加的控制点（曲面通过刚添加的控制点），命令结束。

（2）插入节点(K)

对主提示输入 “K” 回车，会关闭选择曲面后在曲面上出现的动态线上的粉红色控制点显示，移动光标，到合适的位置单击鼠标左键即添加了控制点，此时添加的控制点适应曲面（曲面未必通过刚添加的控制点）。图 9-19 显示了闭合曲面的后侧添加控制点时，直接添加控制点和使用 “插入节点(K)” 选项添加控制点的区别。



a) b) c)

图 9-19 使用 “插入节点(K)” 选项添加控制点的效果

a) 原曲面 b) 直接添加控制点 c) 使用 “插入节点(K)” 添加控制点

（3）方向(D)

设定是在 U 方向还是在 V 方向添加控制点。如果先前是在 U 方向，对主提示输入 “D” 回车，改在 V 方向添加控制点；如果先前是在 V 方向，对主提示输入 “D” 回车，改在 U 方向添加控制点。在添加控制点时，可以动态看到这一效果。

2. 选择曲线

如果选择的曲线是样条曲线，曲线上显示控制点和待添加的粉红色控制点，命令行出现选择曲线后的主提示为：

在样条曲线上选择点或 [插入编辑点(E)]: *在曲线上选择点 或 输入 “E” 回车*

如果选择的曲线不是样条曲线（如直线、圆弧、圆等），会显示 “曲面建模 – 转换为样条曲线” 消息，提示将把非样条曲线转换为样条曲线，确定后转换完成，曲线上显示控制点和待添加的粉红色控制点，命令行出现主提示。

（1）在样条曲线上选择点

在曲线上移动光标，到合适的位置单击鼠标左键，即在曲线上添加了控制点，此时曲线适应添加的控制点（曲线通过刚添加的控制点），命令结束。

（2）插入编辑点(E)

对主提示输入“E”回车，会关闭选择曲线后在控制线上出现的动态粉红色控制点显示，仅在曲线上显示一个小圆，沿曲线移动光标，到合适的位置单击鼠标左键即添加了控制点，此时添加的控制点适应曲线（曲线未必通过刚添加的控制点）。

图 9-20 显示了在曲线的右侧添加控制点时，直接添加控制点和使用“插入编辑点(E)”选项添加控制点的区别。

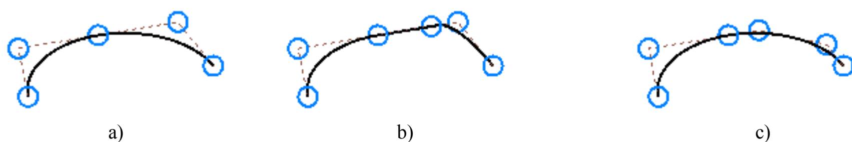


图 9-20 使用“插入编辑点(E)”选项添加控制点的效果

a) 原曲线 b) 直接添加控制点 c) 使用“插入编辑点(E)”添加控制点

9.5.5 删除 NURBS 曲面和曲线上的控制点

命令“cvremove”可删除 NURBS 曲面和曲线上的控制点。图 9-21 显示了在曲面的 U 方向删除了一行控制点的效果。

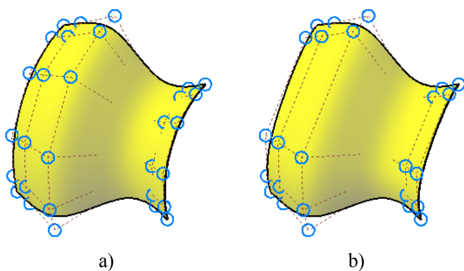


图 9-21 在曲面的 U 方向删除了一行控制点

a) 删除前 b) 删除后


注意 曲面或曲线在任意方向上最少可具有两个控制点。如果尝试删除更多控制点，将显示错误。

命令的输入方式：

- 命令：cvremove ↙
- 工具栏：曲面编辑→曲面控制点→删除
- 下拉菜单：修改(M)→曲面编辑(F)→NURBS 曲面编辑(E)→删除控制点(R)
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“控制点”面板→删除

命令输入后提示：

选择要删除控制点的 NURBS 曲面或曲线: *选择有效 NURBS 曲面或曲线*

下面就选择曲面和选择曲线分别讨论。

1. 选择曲面

如果选择的曲面是有效的 NURBS 曲面，显示随光标移动的粉红色控制点，命令行出现提示：

沿 U 方向删除控制点

在曲面上选择点或 [方向(D)]: *在曲面上选择点 或 输入“D”回车*

1）在曲面上选择点：移动光标，待粉红色控制点移到要删除的控制点上单击鼠标左键，控制点被删除。

2）如果输入“D”回车，则将变为要删除 V 方向的控制点。

2. 选择曲线

如果选择的曲线是样条曲线，曲线上将显示控制点和随光标移动的粉红色控制点，命令行提示为：

在曲线上选择点: *在曲线上移动光标，待粉红色控制点移到要删除的控制点上单击鼠标左键*

对于删除 NURBS 曲面和曲线上的控制点，读者可以在图 9-17～图 9-21 做练习。

9.6 分析曲面

使用曲面分析工具可以分析曲面的连续性、曲率和拔模斜度，从而在曲面制造前检查其缺点和瑕疵。分析工具包括：斑纹分析、曲率分析和拔模分析。


注意

分析工具仅适用于三维视觉样式，而不适用于二维环境。

9.6.1 斑纹分析

曲面（包括实体表面）连续性是衡量两个曲面相交时平滑程度的指标。例如，汽车发动机盖是由多个曲面组成的，但看上去很光滑，原因在于各曲面平滑的连续性。可使用斑纹分析来分析曲面的连续性。

1. 连续性对斑纹的影响

在两个曲面相交的接缝处，斑纹条纹对齐和弯曲的方式表明了很多曲面连接的平滑度信息，可帮助分析相交处的切向和曲率。

如果曲面在相交处连续性是 G0（曲面相交处边共线，但相切和曲率不匹配），斑纹条纹不会整齐排列。分析曲面时如果条纹未对齐，即表明曲面不相切。

如果曲面在相交处连续性是 G1（曲面相交处边共线且相切，但曲率不同），斑纹条纹整齐排列，但在锐度高的曲线处相互偏离。

如果曲面在相交处连续性是 G2（曲面相交处边共线、相切且曲率相同），斑纹条纹整齐排列，在锐度高的曲线处不会相互偏离（因为其曲率相同）。G2 连续性与 G1 连续性的区别很小，许多情况难于区分。

图 9-22 是两曲面的连续性分别为 G0、G1、G2 时，斑纹分析的结果。

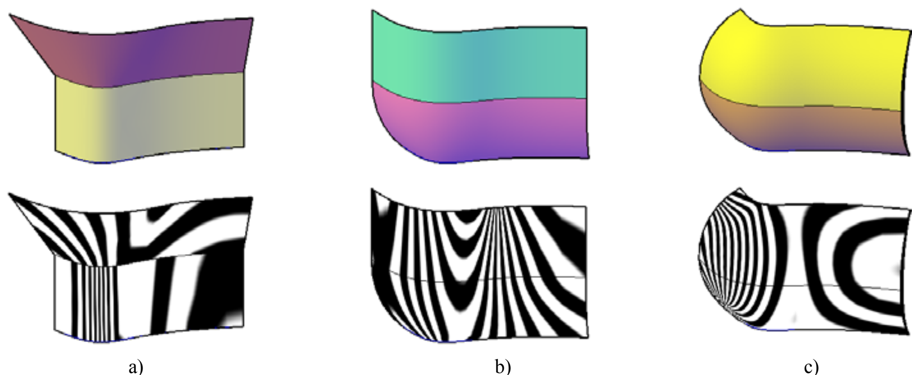


图 9-22　曲面连续性的斑纹分析
a) G0　b) G1　c) G2

2. 斑纹条纹分析命令

斑纹分析的作用是将条纹投影到曲面上，用于检验曲面之间的连续性。

斑纹条纹分析命令的输入方式有：

- 命令：analysiszebra ↙
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“分析”面板→斑纹

命令输入后提示：

选择要分析的实体、曲面或 [关闭(T)]: *选择实体、曲面 或 输入 “T” 回车*

……

选择要分析的实体、曲面或 [关闭(T)]: ↙

选择完要分析的曲面或实体后，回车即在曲面或实体表面上显示斑纹条纹。

如果输入“T”回车，将关闭斑纹显示，所有曲面或实体上的斑纹条纹都将消失。

在“分析选项”对话框的“斑纹”选项卡中可更改斑纹的大小、颜色等。

9.6.2 曲率分析

曲率分析的作用是评估曲面的高曲率区域、低曲率区域和高斯曲率区域，在曲面上用渐变色直观地显示高斯曲率、最小曲率、最大曲率以及 U 和 V 曲面的平均曲率。最大曲率和正高斯值显示为绿色，而最小曲率和负高斯值显示为蓝色。正高斯曲率表示曲面形状类似于碗。负高斯曲率表示曲面形状类似于马鞍（如图 9-25 所示）。平均曲率和零高斯值表示曲面至少在一个方向上是平面（平面、圆柱体和圆锥体的高斯曲率为零）。

曲率分析命令的输入方式有：

- 命令：analysiscurvature ↙
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“分析”面板→曲率

命令输入后提示：

选择要分析的实体、曲面或 [关闭(T)]: *选择实体、曲面 或 输入 “T” 回车*

……

选择要分析的实体、曲面或 [关闭(T)]: ↙

选择完要分析的曲面或实体后，回车即在曲面或实体表面上显示渐变色。

如果输入“T”回车，将关闭渐变色显示，所有曲面或实体上的渐变色将会消失。

在“分析选项”对话框的“曲率”选项卡中可更改显示样式等。

9.6.3 拔模分析

若要创建需要模塑的形体或零件，拔模分析工具将会计算零件及其模具之间是否具有足够的拔模空间（基于拖动方向）。拔模分析的作用是在三维模型上用渐变色显示拔模斜度变化。最大拔模斜度显示为绿色，最小拔模斜度显示为蓝色。

拔模分析命令的输入方式有：

- 命令：analysisdraft ↙
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“分析”面板→拔模

命令输入后提示：

选择要分析的实体、曲面或 [关闭(T)]: *选择实体、曲面 或 输入 “T” 回车*

……

选择要分析的实体、曲面或 [关闭(T)]: ↙

选择完要分析的曲面或实体后，回车即在曲面或实体表面上显示渐变色。

如果输入“T”回车，将关闭渐变色显示，所有曲面或实体上的渐变色将会消失。

在“分析选项”对话框的“拔模斜度”选项卡中可更改拔模分析显示设置。

9.6.4 “分析选项”对话框

命令“analysisoptions”用于打开“分析选项”对话框，以设置斑纹、曲率和拔模分析的显示选项。

命令的输入方式有：

- 命令：analysisoptions ↙
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡→“分析”面板→分析选项

命令输入后打开“分析选项”对话框，有三个选项卡，如图 9-23～图 9-26 所示。

1. “斑纹”选项卡

“斑纹”选项卡如图 9-23 所示。在“斑纹”选项卡中可更改“analysisdraft”命令的显示设置。

1）“选择要分析的对象(S) ”按钮：单击该按钮，对话框暂时关闭，命令行连续提示“选择对象:”，选择完要分析的曲面或实体后，回车返回到“分析选项”对话框。

2）“条纹显示”栏：设置斑纹条纹的类型、大小和颜色。

“条纹方向”滑块：控制斑纹条纹是水平显示、竖直显示还是以某一角度显示。移动光标到滑块上，按住左键拖动，可动态改变条纹的显示角度(由系统变量“VSAZEBRADIRECTION”控制) 。仅当下面的“类型”下拉列表选择“圆柱体”时滑块才可用。

“类型(T) ”下拉列表：设定斑纹分析显示类型。单击该下拉列表，选择“圆柱体”或“铬球”，当前图形中所有对象的斑纹将动态改变。

“大小(I) ”下拉列表：设定斑纹条纹的宽度。单击该下拉列表，从中选择“最细”、……、“最粗”之一，当前图形中所有对象的斑纹将动态改变。

“颜色 1(C) ”下拉列表：设定斑纹条纹的第一种颜色(由系统变量“VSAZEBRACOLOR1”控制) 。单击该下拉列表，从中选择颜色，当前图形中所有对象的颜色将动态改变。如果选择“选择颜色”，将打开“选择颜色”对话框，从更广泛的颜色中选择。

“颜色 2(O) ”下拉列表：设定斑纹条纹的第二种颜色(由系统变量“VSAZEBRACOLOR2”控制) 。单击该下拉列表，从中选择颜色，当前图形中所有对象的颜色将动态改变。如果选择“选择颜色”，将打开“选择颜色”对话框，从更广泛的颜色中选择。

3）“清除斑纹分析(Z)”按钮：单击该按钮，删除当前图形中所有对象的斑纹显示。

单击对话框的“确定”按钮，所有设置将生效。

2. “曲率”选项卡

“曲率”选项卡如图 9-24 所示。在“曲率”选项卡中可更改“analysiscurvature”命令的显示设置。

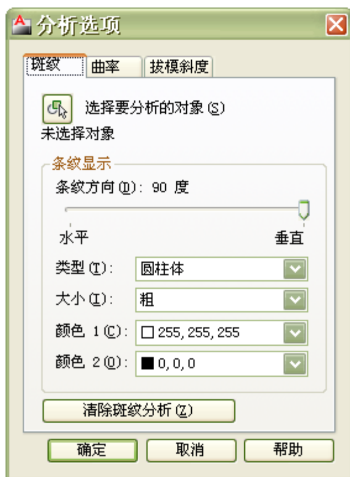


图 9-23 “分析选项”对话框（“斑纹”选项卡）



图 9-24 “分析选项”对话框（“曲率”选项卡）

（1）“选择要分析的对象(S)”按钮

单击该按钮，对话框暂时关闭，命令行连续提示“选择对象:”，选择完要分析的曲面或实体后，回车返回到“分析选项”对话框。

（2）“颜色映射”栏

“显示样式”下拉列表：设定将哪种类型的曲率分析用于颜色映射的显示样式。单击下拉列表，从中选择“高斯”、“平均”、“最大半径”或“最小半径”。这相当于设置系统变量“VSACURVATURETYPE”的值。“VSACURVATURETYPE”的取值如表 9-2 所示。

表 9-2 “VSACURVATURETYPE”的取值

0	高斯曲率：评估高曲率和低曲率的区域
1	平均曲率：评估 U 和 V 曲面曲率值的平均曲率
2	最大半径曲率：评估 U 和 V 曲面曲率值的最大曲率
3	最小半径曲率：评估 U 和 V 曲面曲率值的最小曲率



“输入最大曲率值”文本框：在此文本框中输入最大曲率值（相当于设置系统变量“VSACURVATUREHIGH”的值）。在曲率分析过程中，当曲面曲率达到此值时，曲面显示为绿色。

“输入最小曲率值”文本框：在此文本框中输入最小曲率值（相当于设置系统变量“VSACURVATURELOW”的值）。在曲率分析过程中，当曲面曲率达到此值时，曲面显示为蓝色。

“自动范围”按钮：单击该按钮自动计算曲率范围，以便使 80%的值位于高低范围之内，曲面会动态显示结果。

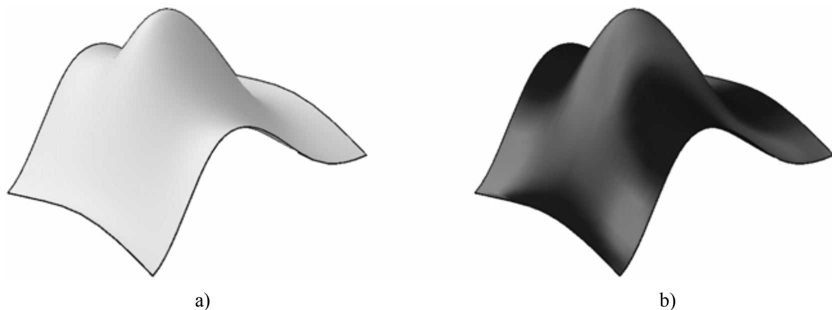
“最大范围”按钮：单击该按钮，计算选定用于曲率分析的所有对象的曲率最大范围和曲率最小范围，曲面会动态显示结果。

（3）“清除曲率分析(C)”按钮

单击该按钮，删除当前图形中所有对象的曲率显示。

单击对话框的“确定”按钮，所有设置将生效。

图 9-25b 显示的是图 9-25a 的曲率分析结果，读者可打开图形，改变“输入最大（小）曲率值”，或单击“自动范围”按钮，或单击“最大范围”按钮，观察效果。



a) b)

9-25 曲面的曲率分析

a) 曲率分析前 b) 曲率分析后

3. “拔模斜度”选项卡

“拔模斜度”选项卡如图 9-26 所示。在“拔模斜度”选项卡中可更改“analysisdraft”命令的显示设置。

（1）“选择要分析对象(S)”按钮

单击该按钮，对话框暂时关闭，命令行连续提示“选择对象:”，选择完要分析的曲面或实体后，回车返回到“分析选项”对话框。

（2）“颜色映射”栏

显示拔模斜度颜色，即将绿色贴至最高拔模斜度，将红色贴至中等拔模斜度，将蓝色贴至最低拔模斜度。

“角度”指最高拔模斜度和最低拔模斜度值。拔模斜度是曲面法线与构造平面（通常是 UCS 的 XY 平面）之间的

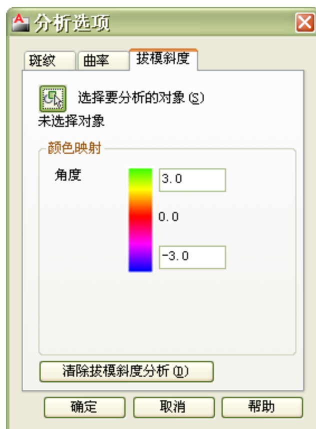


图 9-26 “分析选项”对话框（“拔模斜度”选项卡）



角度（以度为单位）。如果曲面与构造平面平行，曲面法线与当前 UCS 的方向相同，拔模斜度为 90º；如果垂直，拔模斜度为 0°；如果曲面与当前 UCS 平行，曲面法线与当前 UCS 的方向相反，拔模斜度为-90°。

“输入允许的最高角度值”文本框：在此文本框中输入拔模斜度的最高角度值，当曲面对象的拔模斜度达到此值时，将显示为绿色。

“输入允许的最低角度值”文本框：在此文本框中输入拔模斜度的最低角度值，当曲面对象的拔模斜度达到此值时，将显示为蓝色。

在“输入允许的最高角度值”和“输入允许的最高角度值”文本框中间，显示的是最高角度和最低角度的平均值，它会随最高角度或最低角度改变而改变。当曲面对象的拔模斜度达到此值时，将显示为红色。

（3）“清除拔模斜度分析(D)”按钮

单击该按钮，删除当前图形中所有对象的拔模斜度显示。

单击对话框的“确定”按钮，所有设置将生效。


注意

拔模分析时，坐标系的方向不同，颜色显示的方向也不同。

图 9-27b 显示的是图 9-27a 形成的回转体拔模斜度分析后的效果。“输入允许的最高角度值”是 50，“输入允许的最低角度值”是 0。读者可打开图形，改变“输入允许的最高（低）角度值”，观察效果。

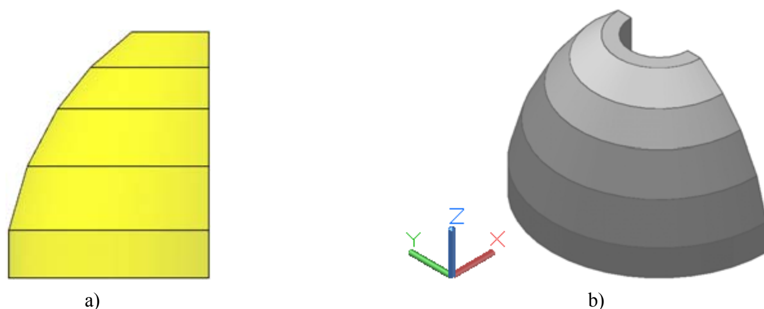


图 9-27　曲面的拔模分析

a) 断面　b) 拔模分析后

第 10 章　修改网格对象



这一章主要讨论网格对象的修改和处理。可以通过对面进行平滑处理、锐化、优化和拆分来重塑网格对象的形状。还可以拖动边、面和顶点以塑造整体形状。

10.1　修改网格对象概述

本节中介绍的功能仅适用于在 AutoCAD 2010 及更高版本中创建的网格对象。这些功能不能用于传统多面网格或多边形网格。

1. 关于网格面和镶嵌面的修改

由第 5 章知道，网格对象是由面和镶嵌面组成的。面是非重叠单元，与其边和顶点一起形成网格对象的基本可编辑单元。移动、旋转和缩放单个网格面时，周围的面会被拉伸并发生变形以避免产生间隔。如果产生间隔，通常可以通过平滑对象或优化各个面来闭合这些间隔。

平滑度增加时，底层镶嵌面栅格的密度也会增加。如果希望将详细的网格编辑限制在较小的区域内，可以通过优化将镶嵌面转换为可编辑的面。与面不同，镶嵌面不能单独修改。但是，可以通过修改系统变量“VSLIGHTINGQUALITY”使镶嵌面的可见度更大。系统变量“VSLIGHTINGQUALITY”用于设置当前视口中的光源质量，其取值见表 10-1。

表 10-1　系统变量“VSLIGHTINGQUALITY”的取值

0	镶嵌面的，为曲面或三维实体的每个面计算单色
1	平滑，将颜色计算为各面顶点之间的渐变色
2	最平滑，如果在“手动性能调节”对话框中打开了“单像素光照”设置，则为各个像素计算颜色；如果未打开，则将使用平滑设置

注意，输入此系统变量的新值时，现有视觉样式不会更改。为此系统变量临时输入的所有新值都将创建未保存的新视觉样式。

2. 网格建模时网格对象的处理方法

网格建模时可以通过以下方法处理网格对象。

添加平滑度：增加或降低平滑度以圆整模型的整体形状。底层网格镶嵌面栅格的密度随网格对象平滑度的增加而增加。

优化对象以重置基线平滑度：优化网格对象将底层镶嵌面栅格转换为可编辑的面。也可以将优化重置为可应用于对象的最低平滑度——即将网格对象的平滑度重新置回到 0（零）。

优化面：限制对特定网格面所做的优化。此方法可避免重置平滑度基线。

锐化边：删除指定边的平滑度。也可以删除现有的锐化。

分割面或合并面：将现有网格面分为两个独立的面。合并两个或两个以上的网格面以创建单个面。

收拢顶点：通过将相邻面的顶点收拢为单个点来改变网格形状。

旋转边：旋转相邻三角面的共用边来改变面的形状和方向。

拉伸面：通过拉伸操作使指定面发生变形。与三维实体拉伸不同，网格拉伸并不创建独立的对象。

闭合孔：通过选择周围的边来闭合面之间的孔或间隙。网格对象中的孔可能会防止用户将网格对象转换为实体对象。

3．子对象的夹点编辑和小控件编辑

夹点编辑网格子对象：夹点编辑不适用于整个网格对象的编辑（如使用夹点编辑整体三维实体或曲面），但可使用夹点编辑网格子对象。使用与选择三维实体子对象相同的方法选择网格对象面、边和顶点，如按〈Ctrl〉键并单击面、边或顶点；通过打开子对象选择过滤器，将选择限制到特定子对象；选中的子对象亮显且显示夹点等。一旦子对象出现夹点，即可单击夹点编辑子对象。关于这些的详细介绍，参看 7.3 节。

小控件编辑网格对象或子对象：选择网格对象或子对象后，会自动显示三维移动、旋转或缩放小控件。可使用小控件移动、旋转或缩放网格对象或其子对象。关于这些的详细介绍，参看 7.4 节。

10.2 更改网格平滑度

10.2.1 平滑度对网格对象的影响

1．增加或降低平滑度的效果

对于网格对象可以增加和降低平滑度。可以通过增加平滑度来增加网格对象的圆度。网格对象的可编辑的面由细分的底层镶嵌面定义。如果平滑度增加，镶嵌面数也会增加，从而提供更加平滑、圆度更大的外观。在线框视觉样式、概念视觉样式以及渲染的输出中，平滑度不同时差异非常明显。图 10-1 是在概念视觉样式中，旋转网格曲面在不同级别的平滑度下的外观（系统变量“VSLIGHTINGQUALITY”的值为 0）。

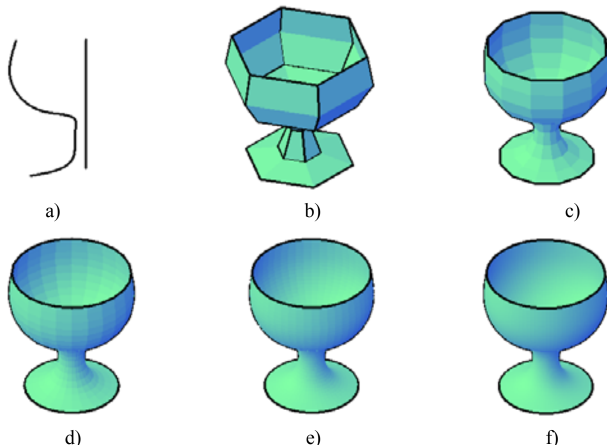


图 10-1　旋转网格曲面的不同级别的平滑度

a) 旋转轴（直线）和旋转对象　b) 平滑度=0　c) 平滑度=1　d) 平滑度=2　e) 平滑度=3　f) 平滑度=4

最低平滑度是 0。默认情况下，平滑度 0 为无平滑度，不能再降低平滑度为零的网格对象的平滑度。增加网格对象的平滑度时，最大可以将网格对象的平滑度增加到当前限制。

如果已向网格对象添加了锐化，则平滑的效果根据锐化设置而变化。平滑网格之前，添加到无平滑度（平滑度 0）的网格的锐化效果并不明显。



使用小控件或夹点编辑网格子对象时，可能会使网格对象中产生间隔。闭合间隔的一种方法是平滑对象或优化各个子对象。使用硬件加速也可能会有助于解决此问题。

2. 限制网格密度

尽管增加平滑度可使网格对象的外观更平滑、圆度更大。但是，增加网格对象的平滑度时，网格镶嵌面栅格的密度也随之增加。密集网格可能会导致生成难以选择和编辑的子对象，而且还会影响性能。因此，用户可能希望设置可防止网格变得过于密集的限制。限制网格密度可调整系统变量“SMOOTHMESHGRID”（设置底层网格镶嵌面栅格显示在三维网格对象中时的最大平滑度）、“SMOOTHMESHMAXFACE”（设置网格对象允许使用的最大面数）和“SMOOTHMESHMAXLEV”（设置网格对象的最大平滑度）。关于这几个系统变量参看 5.1.2 节。

通常，要获得最佳结果，方法是在较低平滑度下对网格对象进行建模，在完成建模后再增加平滑度。

10.2.2 增加或降低网格对象的平滑度的方法

1. 增加网格对象的平滑度

增加网格对象的平滑度可使用“meshsmoothmore”命令，命令的输入方式有：

- 命令：meshsmoothmore ↙
- 工具栏：平滑网格→ 提高网格平滑度
- 下拉菜单：修改(M)→网格编辑(M)→ 提高平滑度(M)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡或“网格”选项卡→“网格”面板→ 提高平滑度

命令输入后提示：

选择要提高平滑度的网格对象：*选择网格对象*

……

选择要提高平滑度的网格对象：↙

使用一次“meshsmoothmore”命令，所选的每个对象的平滑度将增加一个级别。可连续使用几次，使网格对象逐步平滑。如果选择的多个对象中具有不同的平滑度，则其各自的平滑度将增加一级。

如果在使用“meshsmoothmore”命令时选择的所有对象（选择集）中包含非网格对象，将打开“平滑网格 – 转换为网格？”对话框，如图 10-2 所示。

选择对话框的“从选择集中过滤出非网格对象”，将仅把选择集中的网格对象进行平滑处理。如果选择“增加平滑度之前将非网格对象转换为网格对象”，当选择集中的非网格对象是基本实体图元时，将直接使其转换为网格对象并增加平滑度；当选择集中的非网格对象不是基本实体图元，而是复合实体或曲面时，将打开“平滑网格 – 选定了非图元对象”对话框，如图 10-3 所示。



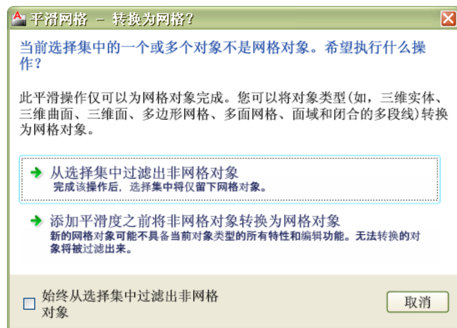


图 10-2 “平滑网格 － 转换为网格？”对话框

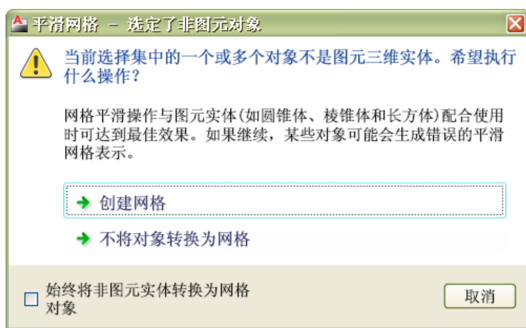


图 10-3 “平滑网格 － 选定了非图元对象”对话框

如果选择“创建网格”，将把非网格对象转换为网格对象后，再把所有对象进行平滑处理。如果选择“不将对象转换为网格”，将仅把网格对象进行平滑处理。

2. 降低网格对象的平滑度

降低网格对象的平滑度应用“meshsmoothless”命令，命令的输入方式有：

- 命令：meshsmoothless ↙
- 工具栏：平滑网格→ 降低网格平滑度
- 下拉菜单：修改(M)→网格编辑(M)→ 降低平滑度(M)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡或“网格”选项卡→“网格”面板→ 降低平滑度

命令输入后提示：

选择要降低平滑度的网格对象：*选择网格对象*

……

选择要降低平滑度的网格对象：↙

使用一次“meshsmoothless”命令，所选的每个对象的平滑度将降低一个级别。可连续使用几次，使网格对象不再平滑。

3. 使用“特性”选项板增加或降低网格对象的平滑度

打开“特性”选项板，在“特性”选项板“几何图形”区域的“平滑度”格中，选择新平滑度，改变网格对象的平滑度。

10.3 优化网格对象或子对象

可以优化网格对象或子对象，以将底层镶嵌面转换为可编辑的面。优化后生成的面数取决于当前的平滑度，平滑度越高，优化后的面数越多。可以优化平滑度为 1 或大于 1 的所有网格。

本节及后面几节的图例是在真实视觉样式下，如果是在三维隐藏视觉样式和概念视觉样式下，应将系统变量“VSEDGES”（控制网格对象显示在视口中的边的类型）值改为 1。

10.3.1 优化对网格对象或子对象的影响

1. 优化网格对象并重置基线

可以优化整个网格对象。图 10-4 是边界网格面优化前与优化后的比较。

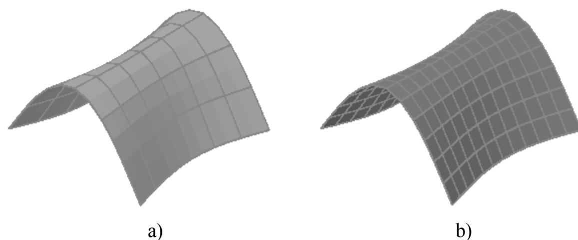


图 10-4　边界网格面优化

a) 优化前（平滑度=2）　b) 优化后（平滑度=0）

除增加面数外，优化网格对象还会将其平滑度重置回基线，即将网格对象的平滑度重新置回到 0。因此，对象可能看上去很平滑，但是其平滑度可能仍等于 0，如图 10-4 所示（这可通过选中平滑后的对象从“特性”选项板中查看）。

2. 优化网格子对象—网格面

不仅可以优化整个网格对象，也可以优化网格的特定面。在平滑度为 1 时，优化的面被分为四个面（平滑度为 2 时，优化的面被分为 16 个面，……），且周围的面发生轻微变形以适应更改。图 10-5 是平滑度为 2 的网格长方体的前几个面优化前与优化后比较。

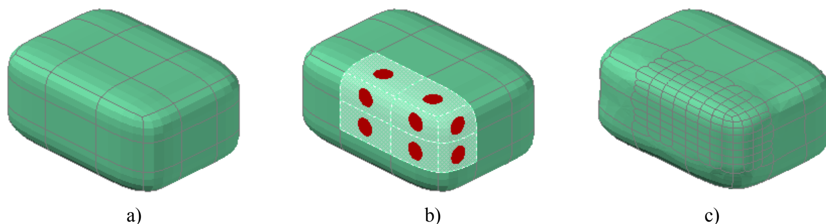


图 10-5　网格长方体（平滑度为“2”）优化

a) 优化前的面　b) 选择的面　c) 优化后的面

优化网格面不影响网格对象的整体平滑度。与优化整个网格对象不同，可以立即再次对已优化的面再进行优化。通过网格面优化，用户可以针对较小的区域进行详细建模。

10.3.2 优化网格命令

优化网格对象或网格面可使用“meshrefine”命令，命令的输入方式有：

- 命令：meshrefine ↙
- 工具栏：平滑网格→ 优化网格
- 下拉菜单：修改(M)→网格编辑(M)→ 优化网格(R)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡或“网格”选项卡→“网格”面板→ 优化网格

命令输入后提示：

选择要优化的网格对象或面子对象：*选择要优化的网格对象或面子对象*

……

选择要优化的网格对象或面子对象：↙

命令一结束网格对象或面子对象即被优化。

选择面子对象时按住〈Ctrl〉键并单击一个或多个要优化的网格面。还可将选择过滤器设置为“仅选择面”。

优化后的底层网格镶嵌面将转换为面，因而可以进行编辑。


注意　要优化的对象其平滑度必须为 1 或大于 1，否则，可先使用“meshsmoothmore”命令或“特性”选项板将网格对象的平滑度增加到 1 以上。

10.4　向网格添加锐化

无论是平滑还是优化网格对象（子对象），均会使对象的棱（或边）变得圆滑而不明显，面也不一定是平面，如果要保持网格对象或其子对象的棱（或边）的不变或变化较小，应该对网格对象或其子对象进行锐化。

10.4.1 锐化对网格对象或子对象的影响

1. 子对象锐化的结果

子对象锐化的结果根据所选的子对象类型的不同而变化锐化前的网格棱台如图 10-6a 所示。

边：选定的边被锐化。相邻的面会发生变形以适应新折缝角度，如图 10-6b、图 10-6c 所示。

面：选定的面被展平，且绑定该面的所有边被锐化。相邻的面会发生变形以适应面的新形状，如图 10-6d、图 10-6e 所示。

顶点：顶点的点和所有相交边被锐化。相邻的面会发生变形以适应新顶角，如图 10-6f、图 10-6g 所示。

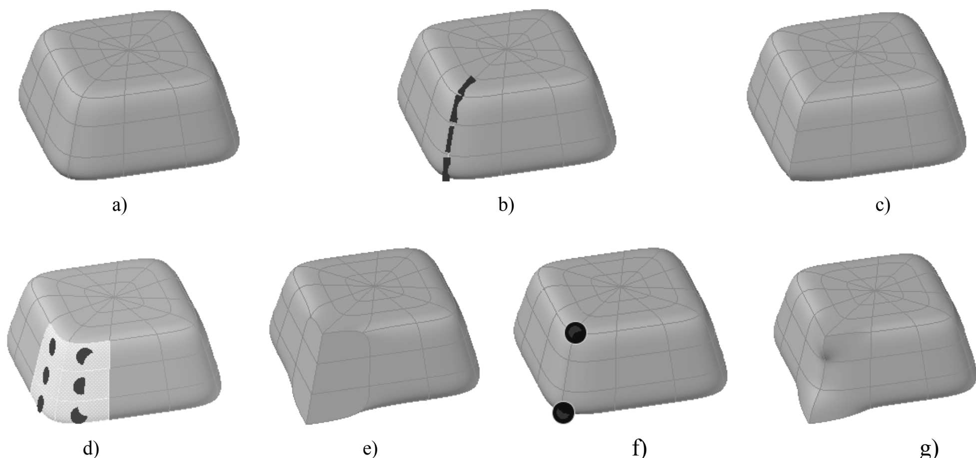


图 10-6　网格棱台的边、面、顶点锐化

a) 网格棱台（未锐化）　b)选定要锐化的边　c) 边锐化后

d) 选定要锐化的面　e) 面锐化后　f) 选定要锐化的顶点　g) 顶点锐化后

2. 锐化值的设置

锐化时，可以设置用于确定平滑如何影响锐化的锐化值。“始终”方式确保始终保留锐化，即重复平滑网格。但是，如果指定锐化值，则此行为会有所差异。如果优化平滑具有锐化值的对象或边，则指定的锐化值将依原始平滑度的值降低。假设用户添加了锐化值为 4 的锐化，然后优化平滑度为 2 的网格。则新锐化值为 2。

10.4.2 锐化网格对象的方法

1. 应用“meshcrease”命令

应用“meshcrease”命令对网格对象或其子对象锐化。命令的输入方式有：

- 命令：meshcrease ↙
- 工具栏：平滑网格→ 锐化网格
- 下拉菜单：修改(M)→网格编辑(M)→ 锐化(C)
- 功能区：三维建模空间→“网格”选项卡→“网格”面板→ 增加锐化

命令输入后提示：

选择要锐化的网格子对象： *选择要锐化整个网格对象 或 选择要锐化的网格边、面或顶点（如果已设置子对象选择过滤器，则只能选择一种类型的子对象。按住〈Shift〉键并单击该子对象，可从选择集中删除子对象）*

……

选择要锐化的网格子对象：↙

指定锐化值[始终(A)] <始终>: *输入锐化值回车 或 直接回车或输入“A”回车保留所有平滑度下的锐化*

输入锐化值回车，将设置保留锐化的最高平滑级别。如果平滑级别超过锐化值，则还会对锐化进行平滑处理。较高的锐化值可确保通过多次平滑过程仍保留锐化，输入值为 0 时删除现有的锐化。

直接回车或输入“A”回车，将采用“始终”方式，即始终保留锐化（即将对象或子对象进行了平滑处理或优化)。锐化值设为-1 与“始终”效果相同。

如果对象尚未执行平滑处理（平滑度=0），将锐化指定子对象后，锐化的效果在对象上不可见，即不具有平滑度的网格对象添加的锐化效果在对网格进行平滑处理之前不会显示，平滑之后才能看到效果。

2. 应用“特性”选项板

更改“特性”选项板中的锐化类型和锐化级别将锐化应用于网格子对象。方法是：

1）开“特性”选项板。

2）单击要修改的网格子对象（如果无法选择特定子对象，按住〈Ctrl〉键选择，或为不同子对象类型打开了子对象选择过滤功能）。

3）在“特性”选项板“锐化”栏的“类型”框中，更改锐化值，可选择“无”、“始终”或“ByLevel”。

无：删除锐化，并将子对象设置为当前平滑度。

始终：保留所有平滑度下的锐化。

ByLevel：设置开始影响锐化的平滑度。选择此设置后，出现“级别”框，在其中指定锐化级别。

10.4.3 删除锐化

可以将锐化恢复为与对象的平滑度相对应的平滑状态。如果删除与其他锐化的子对象相邻的锐化，则将调整子对象的轮廓。

1. 应用“meshuncrease”命令

取消锐化的网格对象可使用“meshuncrease”命令，命令的输入方式有：

- 命令：meshuncrease ↙
- 工具栏：平滑网格→ 取消锐化网格
- 下拉菜单：修改(M)→网格编辑(M)→ 取消锐化(U)
- 功能区：三维建模空间→“网格”选项卡→“网格”面板→ 删除锐化

命令输入后提示：

选择要删除的锐化: *选择要删除的锐化子对象（可使用窗口选择方式来指定多个子对象）*

……

选择要删除的锐化: ↙

2. 应用“特性”选项板

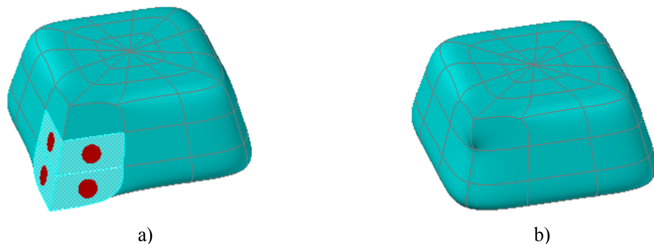
通过“特性”选项板删除锐化，步骤是：

1）开“特性”选项板。

2）单击要修改的网格子对象，可使用窗口选择方式来指定多个子对象

3）在“特性”选项板“锐化”栏的“类型”框中，选择“无”。

图 10-7 是删除锐化的效果。



a) b)

图 10-7 删除锐化

a) 选中要删除锐化的面 b) 删除锐化后

10.5 分割网格面

使用命令“meshsplit”可将一个网格面分割为两个面。分割网格面可以创建自定义细分。使用此方法可以防止由于小规模修改而导致较大的区域发生变形。由于指定了分割的起点和端点，因此该方法可更加精确地控制分割位置。命令的输入方式有：

- 命令：meshsplit ↙
- 下拉菜单：修改(M)→网格编辑(M)→ 分割面(S)
- 功能区：三维建模空间→“网格”选项卡→“编辑网格”面板→ 分割面

命令输入后提示：

选择要分割的网格面: *选择要分割的网格面（可按住〈Ctrl〉键并单击要分割的网格面或打开子对象选择过滤功能。）*

接下来是主提示:

指定面边缘上的第一个分割点或[顶点(V)]: *光标移动到要分割的网格面的边界上（光标旁出现小刀标记）单击鼠标左键指定第一个分割点（可结合对象捕捉） 或 输入"V"回车将第一个分割点限制为网格顶点*

1. 指定面边缘上的第一个分割点

在要分割的网格面的边界上指定一个分割点。接下来提示:

指定面边缘上的第二个分割点[顶点(V)]: *光标移动到要分割的网格面的另一边界上（光标旁出现小刀标记）单击鼠标左键指定第二个分割点（可结合对象捕捉） 或 输入"V"回车将第二个分割点限制为网格顶点*

如果输入"V"回车将第二个分割点限制为网格顶点，接下来提示:

选择第二个分割顶点: *光标移动到网格面的顶点上单击鼠标左键指定第二个分割点*

2. 顶点(V)

"顶点(V)"选项的作用是将分割点限制为网格顶点，这对于从一个矩形面创建两个三角形面很有用。接下来提示:

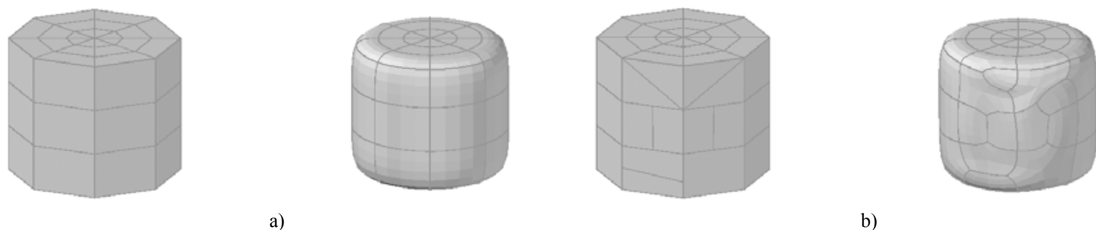
选择第一个分割顶点: *光标移动到网格面的顶点上单击鼠标左键指定第一个分割点*

选择第二个分割顶点或 [面边缘上的点(P)]: *光标移动到网格面的另一顶点上单击鼠标左键指定第二个分割点（可结合对象捕捉功能） 或 输入"P"回车将第二个分割点指定在网格边界上*

如果输入"P"回车将使第二个分割点指定在网格边界上，接下来提示:

指定面边缘上的第二个分割点 [顶点(V)]: *光标移动到网格面的另一边界上单击鼠标左键指定第二个分割点（可结合对象捕捉功能）*

网格面将以指定的两分割点连线为边界分割成为两个面。提高了网格对象的平滑度后，周围的面将沿新面进行调整。由于指定了分割的起点和端点，分割时还可以控制两个新面的形状。图 10-8 是网格圆柱体没有分割面并将提高平滑度到 2 级，与网格圆柱体分割前面的 5 个面并将提高平滑度到 2 级的比较。



a)　　　　b)

图 10-8　网格圆柱体没有分割面与分割面后同级别平滑后的比较

a) 没有分割网格面提高平滑度（2 级）　b) 分割网格面后提高平滑度（2 级）

10.6　拉伸网格面

可以应用拉伸面命令"meshextrude"拉伸网格面使其变形。拉伸网格面后，被拉伸的面

仍是网格对象。用“meshextrude”命令拉伸网格的面与用“extrude”命令拉伸其他类型的对象所用的方法相同。例如，可以指定拉伸方向、路径或倾斜角。但是，当拉伸网格面时，“meshextrude”命令会有一个是单独拉伸相邻面还是保持其共用边处于合并状态的选项。

命令的输入方式有：

- 命令：meshextrude ↙
- 下拉菜单：修改(M)→网格编辑(M)→ 拉伸面(E)
- 功能区：三维建模空间→“网格”选项卡→“编辑网格”面板→ 拉伸面

命令输入后命令行提示：

相邻拉伸面设置为：*当前设置*

择要拉伸的网格面或 [设置(S)]: *移动光标到网格面上单击鼠标左键选择网格面 或 输入 “S” 回车*

1）如果选择要拉伸的网格面，提示“选择要拉伸的网格面或 [设置(S)]: ”会重复出现，待选择结束，对其直接回车，将出现主提示：

指定拉伸的高度或 [方向(D)/路径(P)/倾斜角(T)] <当前值>:

2）如果输入“S”回车，将选择相邻网格面拉伸设置。接下来提示：

合并相邻网格面 [是(Y)/否(N)] <当前设置>: *直接回车默认当前设置或输入 “Y” 回车使相邻网格面合并拉伸 或 输入 N 回车使各相邻网格面单独拉伸*

相邻网格面合并拉伸是指如果选择了多个相邻的网格面如图 10-9a 所示，多个相邻的网格面作为一个整体一起拉伸，如图 10-9b 所示；如果取消相邻网格面合并拉伸，各相邻的网格面各自独立拉伸，如图 10-9c 所示。(注意，在尚未进行平滑处理的网格上，这两个选项之间的区别并不明显。)

在选择了相邻网格面拉伸设置后，回到主提示。

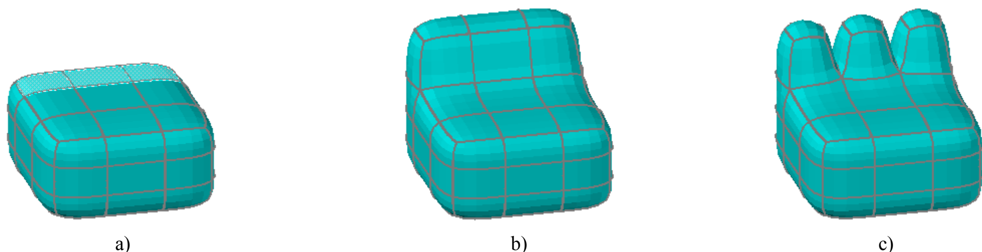


图 10-9　相邻网格面拉伸设置

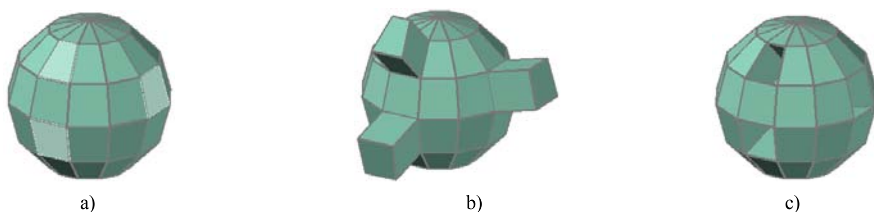
a) 选择网格长方体的三个面　b) 相邻网格面合并拉伸　c) 相邻的网格面各自独立拉伸

主提示各选项的意义如下：

1．指定拉伸的高度

该选项为首选项，如果输入正值，将沿对象所在坐标系的 Z 轴正方向拉伸对象。如果输入负值，将沿 Z 轴负方向拉伸对象。多个网格面不必平行于同一平面也可被同时拉伸，如图 10-10 所示。如果所有对象处于同一平面上，将沿该平面的法线方向拉伸对象。默认情况下，将沿对象的法线方向拉伸平面对象。

如果只拉伸一个网格面，选择网格面后移动光标将动态显示拉伸过程。如果同时拉伸两个以上网格面，还可以用指定两个点的方式确定拉伸高度。



a) b) c)

图 10-10 同时拉伸不在同一平面内的对象

a) 选择网格球体的三个面 b) 输入正值拉伸 c) 输入负值拉伸

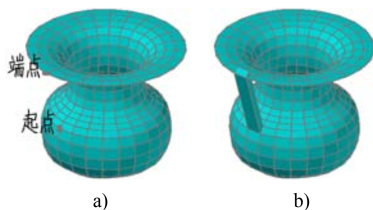
2. 方向(D)

对主提示输入“D”回车，将指定两点，由两点确定拉伸的长度和方向（但方向不能与拉伸创建的扫掠曲线所在的平面平行）。接下来提示：

指定方向的起点：*输入方向起点*

指定方向的端点：*输入方向端点*

随两点的位置不同，拉伸后的实体可能倾斜，如图10-11 所示（该实体是通过一个旋转网格面，经提高平滑度一次，优化一次网格；再提高平滑度一次，优化一次网格得到的）。



a) b)

图 10-11 由两点确定网格面的拉伸长度和方向

a) 拉伸前 b) 拉伸后

3. 路径(P)

对主提示输入“P”回车，将选择网格面的拉伸路径，网格面的轮廓沿路径扫掠，扫掠网格面的新方向与路径的端点垂直，如图 10-12 所示。

可以用做路径的对象有直线、圆弧、多段线或样条曲线等。对于密切符合曲线式路径的拉伸，使用样条曲线而不是圆弧作为路径。路径不能与要拉伸的网格面处于同一平面，也不能具有高曲率的区域。拉伸始于被拉伸对象所在平面并保持其方向相对于路径。

选择路径(P)选项后接下来提示：

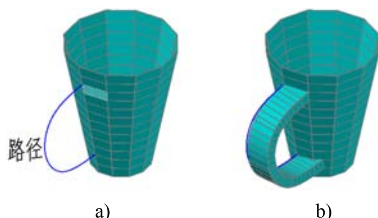
选择拉伸路径或[倾斜角(T)]：*选择一个路径 或 输入 “T”回车*

如果选择一个拉伸路径，命令结束。如果输入“T”回车，将设置拉伸的倾斜角度，即拉伸过程中放大或缩小的角度，接下来提示：

指定拉伸的倾斜角度 <当前角度>：*直接回车应用当前角度 或 输入一个角度*

选择拉伸路径：*选择一个路径*

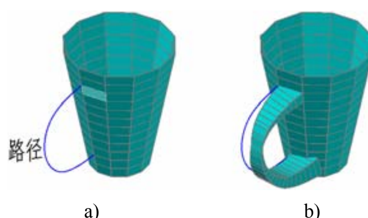
正角度从基准网格面向内倾斜，如图 10-13 所示；负角度则向外倾斜。倾斜角度介于–90°～90°之间。默认角度 0°表示没有倾斜的拉伸。指定一个较大的倾斜角或较长的拉伸高度，将使网格面在到达拉伸高度之前就已经汇聚到一点，可能会导致不能正确拉伸。



a) b)

图 10-12 沿选定路径拉伸网格面

a) 拉伸前 b) 拉伸后



a) b)

图 10-13 拉伸的倾斜角度为正角度

a) 拉伸前 b) 拉伸后

4. 倾斜角(T)

对主提示输入“T”回车，将设置网格面的拉伸倾斜角度，与“3.路径(P)”中的子选项“倾斜角(T)”意义一样。接下来提示：

指定拉伸的倾斜角度 <当前角度>: *直接回车应用当前角度 或 输入一个角度*

指定拉伸的高度或[方向(D)/路径(P)/倾斜角(T)] <默认高度>: *此为主提示，按前面所述回答*

对于倾斜角不为 0° 的拉伸，如果拉伸相邻面时未设定为合并方式，则选定的多个拉伸的相邻面将倾斜相同的值，如图 10-14b 所示。但是，对于合并的拉伸，倾斜仅适用于与另一个拉伸面不相邻的拉伸部分，如图 10-14c 所示。

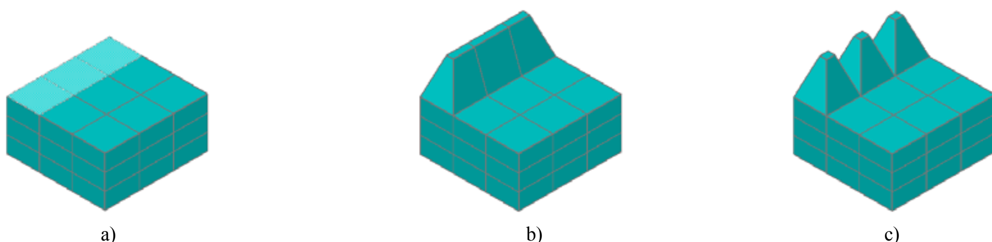


图 10-14　倾斜角不为 0° 的拉伸相邻网格面

a) 选择网格长方体的三个面　b) 相邻网格面合并倾斜拉伸　c) 相邻网格面各自独立倾斜拉伸

10.7　重新配置相邻的网格面

可以通过重新配置相邻面来扩展编辑选项。

10.7.1 合并相邻面

命令“meshmerge”可以合并两个或多个相邻网格面以形成单个面，如图 10-15 所示。合并功能最适用于在同一平面上的面。

命令的输入方式有：

- 命令：meshmerge ↙
- 下拉菜单：修改(M)→网格编辑(M)→ 合并面
- 功能区：三维建模空间→“网格”选项卡→“编辑网格”面板→ 合并面

命令输入后命令行提示：

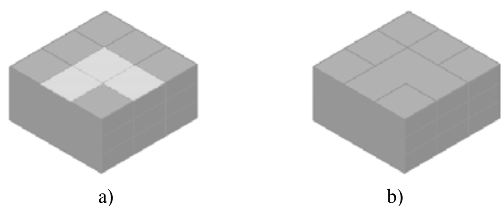
选择要合并的相邻网格面: *移动光标到网格面上单击鼠标左键选择网格面*

……

选择要合并的相邻网格面: ↙

选择结束回车，相邻面即合并为单个面。

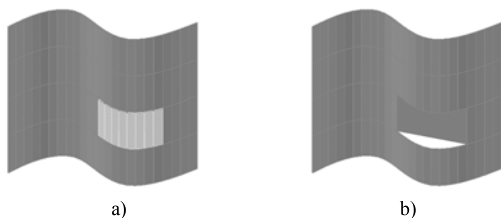
只能在相邻的网格面上执行合并操作，选择的不相邻的网格面将从选择集中剔除。如果合并折绕角点的网格面，则可能在尝试编辑网格或将其转换为其他类型的实体对象时得到意外结果或不能进行。例如，网格可能有间隙，如图 10-16 所示。为获得最佳结果，最好合并处于同一平面的网格面。



a) b)

图 10-15 合并相邻网格面

a) 选择网格长方体的三个面 b) 合并后



a) b)

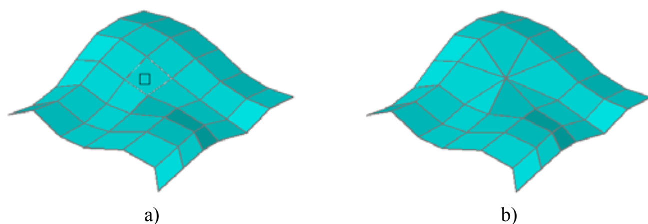
图 10-16 合并折绕角点的网格面产生间隙

a) 选择网格网的一个面 b) 合并后



10.7.2 收拢网格面或边

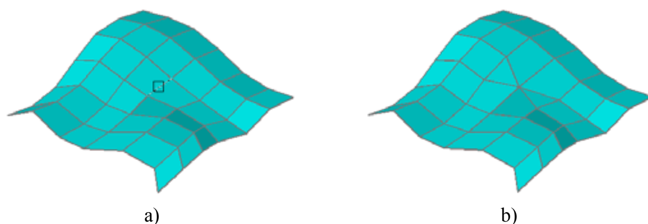
命令“meshcollapse”可使周围的网格面的顶点在选定的边或面的中心收拢，即合并网格面周围的相邻顶点以形成单个点。收拢后，顶点会减少，周围的面的形状会随之更改。图 10-17 是选择网格面收拢的效果，图 10-18 是选择网格面的边收拢的效果。



a) b)

图 10-17 选择网格面收拢的效果

a) 选择网格面 b) 收拢后



a) b)

图 10-18 选择网格面的边收拢的效果

a) 选择网格面的边 b) 收拢后

命令的输入方式有：

- 命令：meshcollapse ↙
- 下拉菜单：修改(M)→网格编辑(M)→ 收拢面或边
- 功能区：三维建模空间→“网格”选项卡→“网格编辑”面板→网格编辑▼→ 收拢面或边

命令输入后命令行提示：

选择要收拢的网格面或边：*移动光标到网格面上或网格面的边上单击鼠标左键*

一旦选择要收拢的网格面或边，将立即执行收拢处理。图 10-19 是对网格圆柱体的顶面先合并面，再选择面收拢的例子。



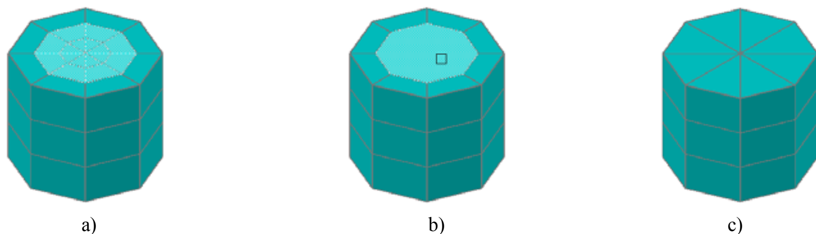


图 10-19　对网格面合并、收拢

a) 选择要合并的面　b) 面合并后再选中该面收拢　c) 收拢后

10.7.3 旋转三角面的边

命令“meshspin”用于旋转两个三角形网格面共用的边，以改变其顶点，从而改变面的形状，如图 10-20 所示（此图为直纹网格曲面）。

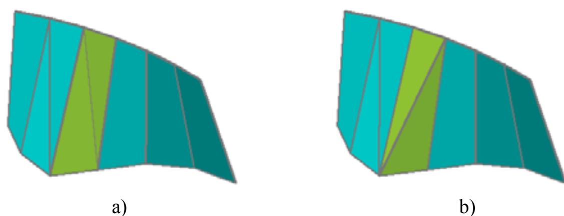


图 10-20　旋转两个三角形网格面共用的边

a) 旋转前　b) 旋转后

命令的输入方式有：

- 命令：meshspin ↙
- 下拉菜单：修改(M)→网格编辑(M)→ 旋转三角面
- 功能区：三维建模空间→“网格”选项卡→“网格编辑”面板→网格编辑▼→ 旋转三角面

命令输入后命令行提示：

选择要旋转的第一个三角形网格面：*移动光标到第一个三角形网格面上单击鼠标左键*

选择要旋转的第二个相邻三角形网格面：*移动光标到第一个选定面旁边的第二个三角形网格面上单击鼠标左键*

如果选择正确，选择结束即完成两个三角形网格面共用的边的旋转。



注意　可使用命令“meshsplit”将网格对象的四边形面分割为两个三角形网格面。如果想要旋转三角形面之间的边，可使用“meshsplit”命令提示中的“顶点”选项，以确保分割从一个顶点准确延伸到另一个顶点。

10.8　产生和闭合网格间隙

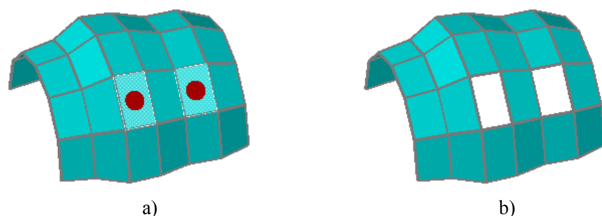
可以删除网格面使网格对象产生间隙，也可以闭合网格对象中的间隙。

10.8.1 删除网格的面、边或顶点

用选择子对象的方法(如按住〈Ctrl〉键或使用子对象选择过滤器)选择网格的面、边或顶点，然后按〈Delete〉键或使用“erase”命令,可删除网格面。也可以先输入“erase”命令，然后用选择子对象的方法选择网格的面、边或顶点，删除网格面。一次操作可以选择多个子对象，子对象的类型可以不同。删除网格面后将会在网格对象中留下孔或间隙。



如果选择网格的面，该操作只会删除选中的面，如图 10-21 所示。

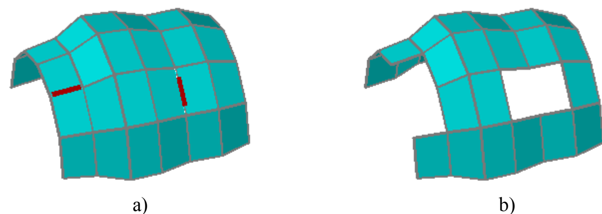


a)　　b)

图 10-21　删除网格的面

a) 选择面　b) 只删除选中的面

如果选择网格的边，将会删除边的每个相邻面，如图 10-22 所示。

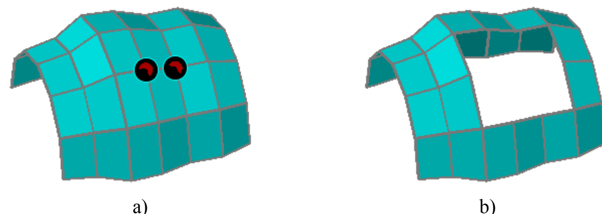


a)　　b)

图 10-22　删除网格的边

a) 选择边　b) 删除边的每个相邻面

如果选择网格的顶点，将会删除共用该顶点的所有面，如图 10-23 所示。



a)　　b)

图 10-23　删除网格的顶点

a) 选择顶点　b) 删除公用顶点的所有面

如果删除了网格面，网格对象将产生孔或间隙。有孔或间隙的网格对象可以转换为曲面对象，但不能转换为三维实体对象。

10.8.2 闭合网格对象中的孔或间隙

如果网格对象有孔或间隙，使用“meshcap”命令，通过选择孔或间隙周围的网格面的

边，可形成封口或新的面，来闭合孔或间隙。封口或新的面会跨越由用户指定的网格边所形成的边界。当所有孔或间隙周围的网格面的边位于同一平面上时，获得的结果最佳。


注意　选为边界的边不能由两个面共用。例如，不能闭合网格圆环体中的中心孔。

命令的输入方式有：

- 命令：meshcap ↙
- 下拉菜单：修改(M)→网格编辑(M)→ 闭合孔
- 功能区：三维建模空间→“网格”选项卡→“编辑网格”面板→ 闭合孔

命令输入后命令行提示：

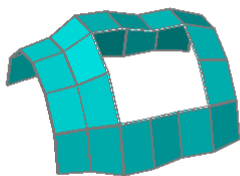
选择相互连接的网格边以创建一个新网格面：*移动光标到孔或间隙的网格边上单击鼠标左键*

……

选择相互连接的网格边以创建一个新网格面：↙

选择结束即形成封口或新的面。注意，选择的网格边要相互连接，不能间断。

图 10-24 是闭合网格对象的孔的效果。图 10-25 是形成新的网格面的效果。图 10-26 是使用两次“meshcap”命令形成网格面的效果。


a)

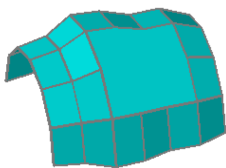
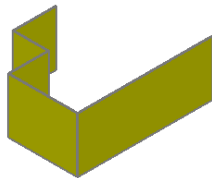

b)

图 10-24　闭合网格对象的孔

a) 选择孔周围网格面的边　b) 闭合孔后


a)

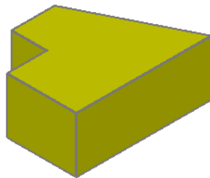
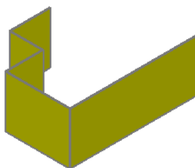
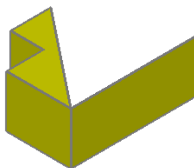

b)

图 10-25　形成新的网格面

a) 厚曲面　b) 形成风格面后


a)


b)

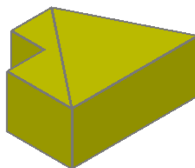

c)

图 10-26　使用两次“meshcap”命令形成网格面的结果

a) 厚曲面　b) 使用一次“meshcap”命令后　c) 使用两次“meshcap”命令后


注意　有时也可以通过使对象平滑化、合并相邻网格面或分割相邻网格面来闭合网格中的间隙。

10.9　处理网格对象的提示

网格通过其增强的建模功能提供了一种创建更加流畅、更加自由的设计的方法。应该了

解处理网格模型的某些最佳做法，实际建模时请谨记这些提示。

1. 在平滑之前对网格进行建模

网格建模是一种功能强大的设计方法，但是，平滑度越高，网格越复杂，并且可能会影响计算机性能。因此，对尚未执行平滑的网格对象（其平滑度为 0）进行编辑操作（例如小控件编辑、拉伸面、分割面等）后，再进行其他处理可能更有效。简单地说，先建模再平滑。

图 10-27 是将网格球体编辑成为一个汤匙形状的过程，先通过顶点编辑、分割面、再拉伸，大致成型后再进行平滑。

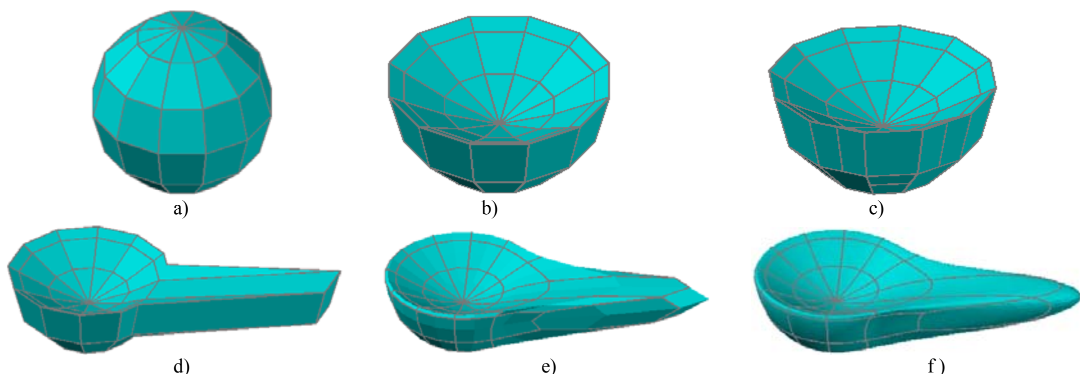


图 10-27 先建模再平滑

a) 网格球体 b) 顶点编辑（向下拉伸上部顶点） c) 分割侧面的几个面（此图把侧面转到了前面） d) 向右上拉伸右侧面 e) 提高平滑度 1 个级别 f) 提高平滑度 2 个级别



注意 建模过程中，可以随时选中网格对象，在“特性”选项板的“几何图形”栏的“平滑度”格中，选择各平滑度级别，从而预览所执行的操作是如何影响平滑对象的。

2. 优化或分割面但不优化整个对象

优化是分割面的有效方法。但是，面数增加，模型的整体复杂性也增加。此外，优化整个网格对象会将基准平滑度重置为 0，此更改可能会导致生成无法再简化的密集栅格。要获得最佳结果，应避免优化整个对象，仅优化或分割要求更详细建模的单个面。优化网格的若干单个面并不重置整个对象的平滑度。

图 10-28 是仅优化网格长方体的两个面后拉伸，与优化整个长方体的比较。

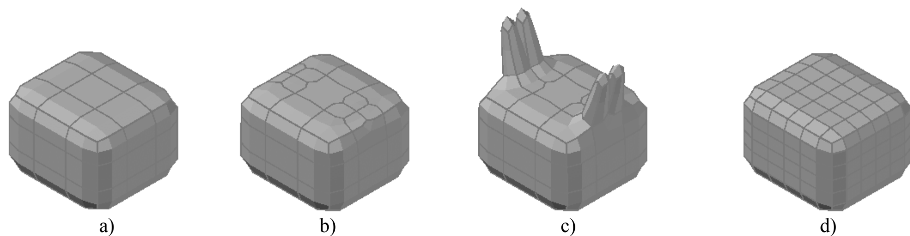


图 10-28 优化网格长方体的两个面与优化整个长方体比较

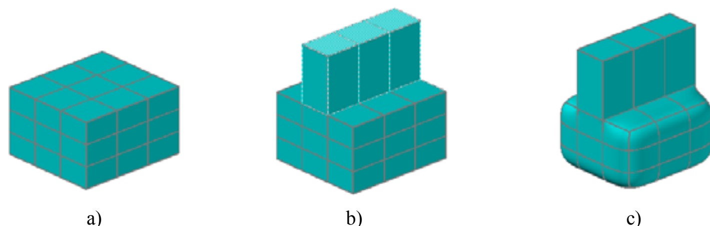
a) 网格长方体（平滑度=1） b) 优化了两个面 c) 拉伸优化后的两个面 d) 优化整个网格长方体

3. 锐化边以限制平滑对象时发生的变形

一些网格对象可能在平滑后仍保持其某些棱（边），可先将这些棱（边）锐化，以后无

论对象的平滑程度如何，这些棱（边）都保持其锐度。有时为了保持某些棱（边），可能还需要锐化周围面的边，以获得想要的结果。

图 10-29 是用拉伸命令“meshextrude”拉伸了网格长方体的顶面的三个面后，将其锐化，再多次平滑后，其棱角仍保持的效果。



a)　　b)　　c)

图 10-29　先锐化再平滑

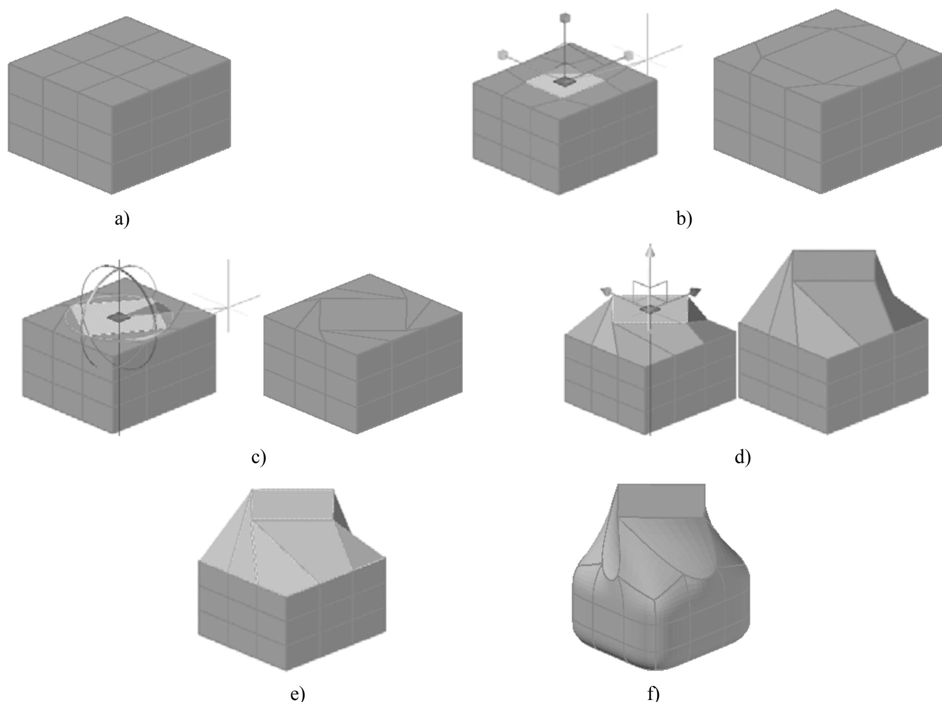
a) 网格长方体　b) 拉伸后锐化　c) 平滑操作（平滑度=4）

将锐化设置为“始终”，会在平滑之后完全保留其锐度。如果设置锐化值，则锐化的边将在相应平滑度下变得更加平滑。

4. 使用小控件对面、边和顶点进行处理

可以使用三维移动小控件、三维旋转小控件和三维缩放小控件修改整个网格对象或特定的子对象。

图 10-30 是使用三维缩放小控件、三维旋转小控件和三维移动小控件缩放、旋转和移动网格长方体的单个面的效果。



a)　　b)　　c)　　d)　　e)　　f)

图 10-30　使用小控件编辑网格的面

a) 网格长方体　b) 使用三维缩放小控件缩放顶面中间面　c) 使用三维旋转小控件旋转顶面中间面

d) 使用三维移动小控件移动顶面中间面　e) 锐化顶面的侧面　f) 平滑操作

关于小控件的显示、将修改约束到小控件的指定的轴或平面上、小控件的切换等操作，参看 7.4 节。

5. 使用子对象选择过滤器缩小可用候选选择的范围

在网格处理中，在不易选择特定的子对象时，用户可按住〈Ctrl〉键并将鼠标移动到对象上选择子对象，也可使用子对象选择过滤器。子对象过滤器对选择网格顶点特别有用，因将鼠标移动到这些顶点上时他们并不亮显。关于子对象的选择参看 7.3 节。

6. 小控件拉伸编辑与拉伸命令“meshextrude”之间的区别

小控件拉伸编辑与拉伸命令“meshextrude”之间的一个重要区别在于修改每个面所用的方法。对于小控件拉伸编辑，如果拉伸（选择后再拖动）网格的一组面，则相邻的面将进行拉伸以适应所做的修改，平滑对象后，相邻的面可适应面的新位置，如图 10-31 所示。

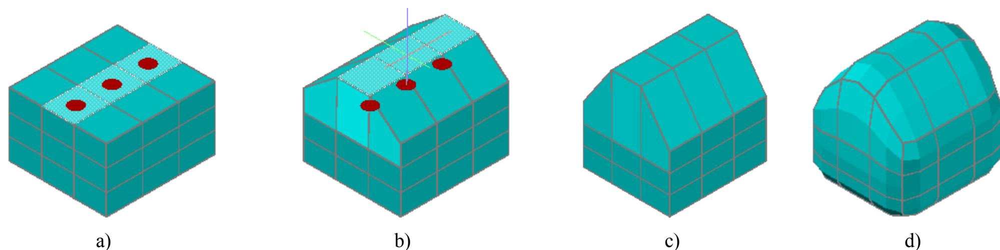


图 10-31　小控件拉伸（选择并拖动）网格的三个面后再平滑对象

a) 选择三个面　b) 拉伸　c) 拉伸后　d) 平滑后

拉伸命令“meshextrude”可以设定相邻面是作为单元（处于合并状态）拉伸还是独立（处于非合并状态）拉伸。如果是独立拉伸，拉伸一组网格面后会插入其他面以闭合拉伸面与其原始曲面之间的间隔，平滑对象后，插入的其他面将显示出来，如图 10-32 所示。

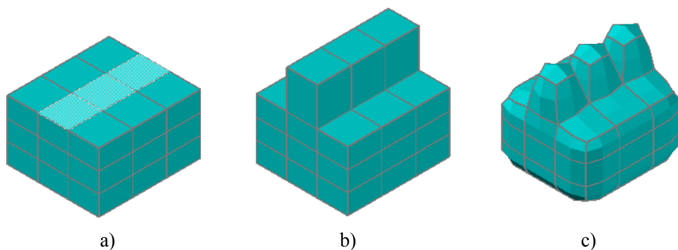


图 10-32　使用“meshextrude”命令独立拉伸网格三个面后再平滑对象

a) 选择三个面　b) 拉伸　d) 平滑后

7. 在网格和三维实体或曲面之间转换

在某些情况下，可以将对象从一种类型转换为另一种类型，以利用特定的编辑功能。

例如，可将曲面、实体和传统网格类型转换为网格对象，以便利用网格的平滑、锐化等功能。反过来，将网格转换为三维实体和曲面，可完成仅针对实体和曲面进行的操作，交集、差集或并集复合建模操作。当然，要注意在互相转换的过程中的条件。


注意

并不是所有转换都保留原始对象的形状的完整逼真度。如果可能，应避免在对象之间执行多次切换。如果注意到转换以不可接受的方式修改了对象的形状，要放弃此转换并再次尝试使用其他设置。

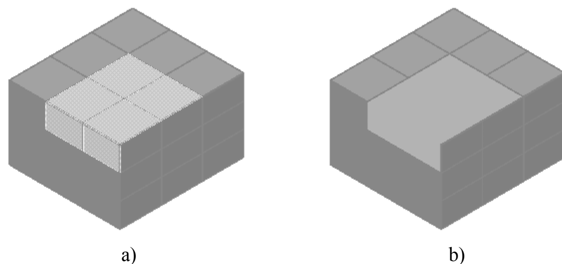
在将三维实体或曲面转换为网格时，“网格镶嵌选项”对话框（“meshoptions”命令，参看 5.5 节）为转换为网格的三维实体或曲面控制面的平滑度和形状。虽然用户可以将对象转换为网格而无需打开此对话框（使用“meshsmooth”命令，参看 5.6.2 节），但是，通过从此对话框内启动转换操作，可以更加轻松地尝试使用各种转换设置。

在将网格转换为三维实体或曲面时，“SMOOTHMESHCONVERT”系统变量设置转换为三维实体或曲面的网格对象是平滑对象还是镶嵌对象，以及是否优化（合并）其共面的面。关于将网格转换为三维实体或曲面参看 11.1 节。

通常可以将不能转换为实体的网格对象转换为曲面。

8. 避免合并沿角点折返的面

合并面时，可以合并面形成沿角点折返的网格面，如图 10-33 所示。但是，如果生成的面具有连接两条边和两个面的顶点，则不能将网格转换为平滑的三维实体对象。图 10-33b 就不能转换为平滑的三维实体。

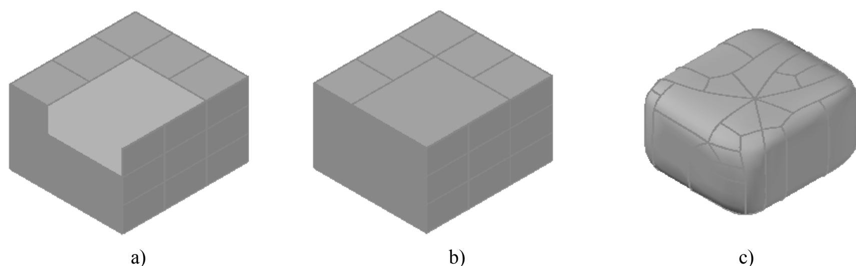


a)　　b)

图 10-33　合并面形成沿角点折返的网格面

a) 选择四个面　b) 合并后

解决此问题的一种方法是将网格转换为具有镶嵌面的实体而不是平滑实体（参看 11.1 节）。使用命令“meshsplit”从共用顶点开始分割沿角点折返的网格面，也可能解决此问题。



a)　　b)　　c)

图 10-34　具有沿角点折返的网格面的网格对象转换为实体

a) 沿角点折返的网格面　b) 分割沿角点折返的网格面　c) 转换为实体

第 11 章　从对象创建三维实体或曲面



可以通过多种方法将图形中的对象转换为三维实体。如将具有一定厚度的曲面和对象转换为三维实体，将一组曲面、网格转换为一个三维实体，加厚曲面以将其转换为三维实体等。

11.1　将网格转换为三维实体的条件

1. 将网格转换为三维实体的设置

网格对象可以通过“convtosolid”命令（参看 11.2 节）和“convtosurface”命令（参看 11.3 节）分别转换为实体或曲面。但要注意，将网格对象转换为三维实体或曲面时，新实体对象的形状近似，但并非精确复制原网格对象，通过指定系统变量“SMOOTHMESHCONVERT”的值，确定对转换为三维实体或曲面的网格对象进行平滑处理还是进行镶嵌，以及是否合并他们的面，以在一定程度上控制差异。所以，在网格对象转换为实体和曲面之前，应先确定系统变量“SMOOTHMESHCONVERT”的值，为“convtosolid”和“convtosurface”命令的操作设置默认值。“SMOOTHMESHCONVERT”的取值如表 11-1 所示。

表 11-1　系统变量“SMOOTHMESHCONVERT”的取值及处理结果

值	处　理
0	创建平滑模型，优化或合并共面的面
1	创建平滑模型，原始网格面将保留在转换后的对象中
2	创建具有经平整处理的面的模型，优化或合并共面的面
3	创建具有经平整处理的面的模型，原始网格面将保留在转换后的对象中

改变“SMOOTHMESHCONVERT”的值的方法主要有两种：

1）从命令行输入“SMOOTHMESHCONVERT”，对其“输入‘SMOOTHMESHCONVERT’的新值 <0>: ”的提示输入值回车。

2）从三维建模空间功能区的“网格”选项卡的“转换网格”面板右侧的下拉按钮菜单（如图 11-1 所示）中选择。

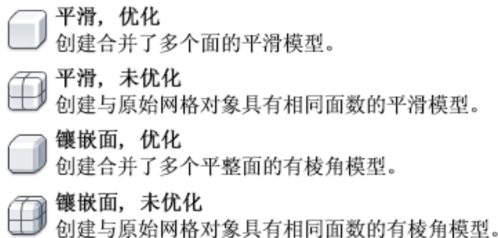


图 11-1　“SMOOTHMESHCONVERT”的取值按钮

1）平滑处理并优化：单击按钮 平滑，优化 创建合并了多个面的平滑模型，相当于令“SMOOTHMESHCONVERT”变量值为 0，即创建平滑实体模型，将共面的面合并为单个面。可以更改某些面的整体形状。对不共面的面的边进行圆整。

图 11-2c 是在平滑处理并优化时（系统变量“VSEDGES”取值为 1），将网格长方体（图 11-2a）提高平滑度到“级别 1”（如图 11-2b 所示），然后应用“convtosolid”命令将其转换为实体的效果。

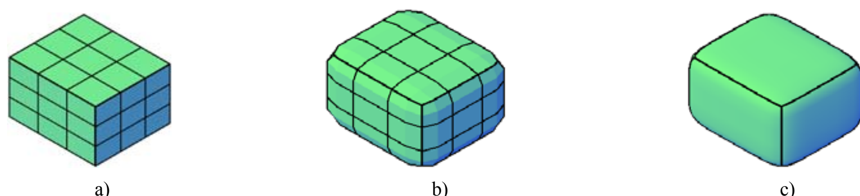


图 11-2　在平滑处理并优化时，网格长方体转换为实体

a) 网格长方体　b) 平滑度为“级别 1”的网格长方体　c) 转换后的实体

2）平滑处理但不优化：单击按钮 平滑，未优化 创建与原始网格对象具有相同面数的平滑模型，相当于令“SMOOTHMESHCONVERT”的值为 1，即创建平滑实体模型，每个原始网格面均保留在经转换的对象中。对不共面的面的边进行圆整。

图 11-3b 是在平滑处理但不优化时（系统变量“VSEDGES”取值为 1），将平滑度为“级别 1”的网格长方体（如图 11-3a 所示）应用“convtosolid”命令将其转换为实体的效果。



图 11-3　平滑处理但不优化时，网格长方体转换为实体

a) 平滑度为“级别 1”的网格长方体　b) 转换后的实体

3）镶嵌面处理并优化：单击按钮 镶嵌面，优化 创建合并了多个平整面的有棱角模型，相当于令“SMOOTHMESHCONVERT”的值为 2，即创建具有经平整处理的面的模型，将共面的面合并为单个平面，可以更改某些面的整体形状。对不共面的面的边进行锐化或设置角度。

图 11-4b 是在镶嵌面处理并优化时（系统变量“VSEDGES”取值为 1），将平滑度为“级别 1”的网格长方体（如图 11-4a 所示）应用“convtosolid”命令将其转换为实体的效果。

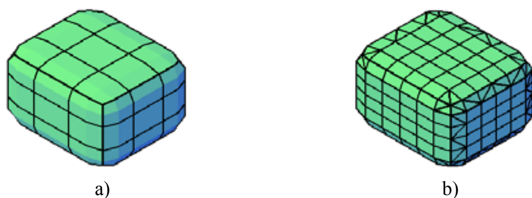


图 11-4　镶嵌面处理并优化时，网格长方体转换为实体

a) 平滑度为“级别 1”的网格长方体　b) 转换后的实体

4）镶嵌面处理但不优化：单击按钮 镶嵌面，未优化 创建与原始网格对象具有相同面数的有棱角模型，相当于令“SMOOTHMESHCONVERT”的值为 3，即创建经平整处理的面的模型，将每个原始网格面都转换为平面。对不共面的面的边进行锐化或设置角度。

图 11-5b 是在镶嵌面处理但不优化时（系统变量“VSEDGES”取值为 1），将平滑度为“级别 1”的网格长方体（如图 11-5a 所示）应用“convtosolid”命令将其转换为实体的效果。



a) b)

图 11-5 镶嵌面处理但不优化时，网格长方体转换为实体

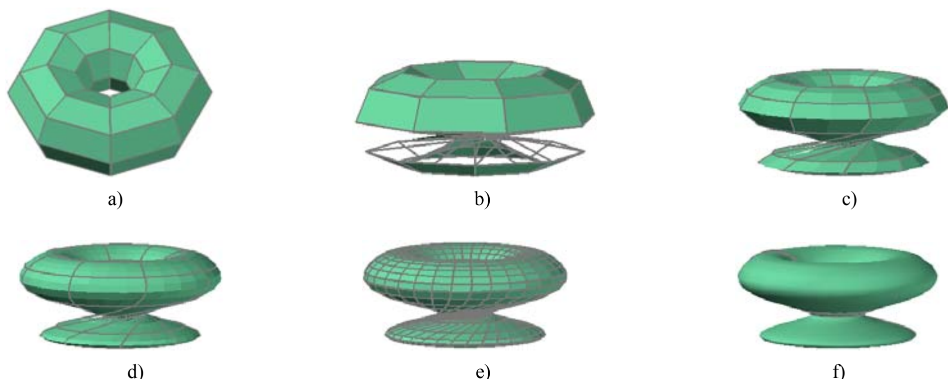
a) 平滑度为“级别 1”的网格长方体 b) 转换后的实体

2. 不能转换为三维实体的网格对象

在将面之间有孔或间隙的网格转换为实体对象时可能会遇到困难，具有自交边界的网格无法将其转换为三维实体。

1）网格的面之间有间隔：对网格面的编辑有时会导致面之间出现孔或间隙。可使用“meshcap”命令来闭合孔或间隙。在某些情况下，也可以通过平滑网格对象或优化与间隙相邻的网格面来闭合这些间隙。

如图 11-6 所示，将一个网格圆环的所有上半面选中，然后以圆环中心为旋转中心旋转 150°，下半部分会出现间隙，如图 11-6b 所示，将其提高平滑度两次（分别如图 11-6c、图 11-6d 所示），然后优化一次（如图 11-6e 所示），再将其转换为实体（如图 11-6f 所示）的效果。



a) b) c) d) e) f)

图 11-6 网格中间隔的处理

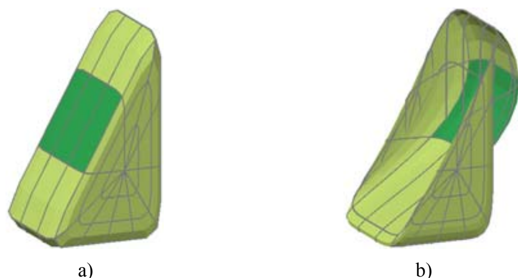
a) 网格圆环 b) 选中所有上半面旋转 150° c) 第一次平滑（级别 1） d) 第二次平滑（级别 2） e) 优化一次 f) 转换为实体

在某些情况下，用户也可以通过硬件加速来改进图形系统，从而获得更好的结果。

2）自交的网格面：移动、旋转或缩放子对象时，要特别小心，不要创建自交网格面（一个或多个面穿过同一个网格模型中的其他面或与其相交即自交），自交的网格不能转换成

实体。在实际中应变换视点查看网格对象的各个侧面，以确保创建可行的模型。

图 11-7a 是网格楔体（平滑了两次），选中斜面上的三个面，向右侧拖动超出右后面即可产生自交网格面，如图 11-7b 所示。



a) b)

图 11-7 自交网格面的产生

a) 网格楔体（平滑了两次） b) 自交网格面

通常可以将不能转换为实体的网格对象转换为曲面。

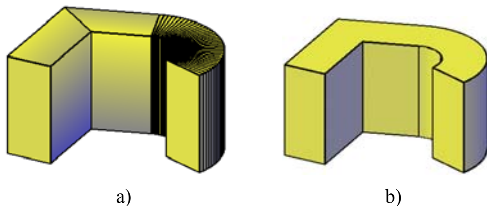
11.2 将对象转换为三维实体的命令

1. 可转换为三维实体的对象和限制

可以使用 convtosolid 命令将多种类型的对象转换为拉伸三维实体。这些对象包括具有一定厚度的多段线（pline）、矩形（rectang）、多边形（polygon）、圆（circle）、圆环（donut）和闭合的修订云线（revcloud），无间隙的网格和曲面。

在网格对象转换为实体之前，应先确定系统变量“SMOOTHMESHCONVERT”的值。

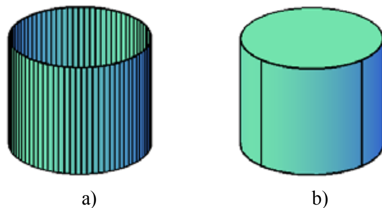
图 11-8a 和图 11-9a 是在对“elev”命令的提示“指定新的默认厚度 <当前值>：”回答非 0 后，用多段线“pline”命令和画圆命令“circle”所画的具有厚度的多段线和圆，图 11-8b 和图 11-9b 是用“convtosolid”命令将其转换为实体的效果。



a) b)

图 11-8 将具有厚度的多段线转换为三维实体

a) 具有厚度的多段线 b) 转换后的三维实体



a) b)

图 11-9 将具有厚度的圆转换为三维实体

a) 具有厚度的圆 b) 转换后的三维实体

表 11-2 列出了可以转换为实体的对象。

表 11-2 可以转换为三维实体的对象

对　　象	必要的特性
网格	体积封闭，边之间无间隙
具有一定厚度的对象	闭合或非闭合的有一定宽度且宽度相同的多段线、宽度为零但闭合的多段线、矩形、多边形、圆、圆环和闭合的修订云线
曲面	体积封闭，边之间无间隔（例如，两端封口的旋转曲面，或转换为曲面的闭合网格对象）

表 11-3 列出了可以转换为实体的对象的某些限制。

表 11-3 转换为实体对象时的限制

对　　象	说　　明
多段线	包含有宽度可变段（该段起点和端点宽度不一致）的多段线不能转换。
模拟闭合曲面的独立对象	如果闭合的曲面其各个曲面独立，无法使用“convtosolid”命令将其转换为实体。如图 11-10 所示，该闭合曲面的顶面和侧面都是曲面，但各曲面独立，因此，不能将其转换为实体。但如果曲面包围成无间隙封闭区域，可使用“surfsculpt”命令将其转换为实体。
具有连续边的平面曲面	如果各平面曲面是独立的对象，即使这些对象围成的体积封闭且无间隙，也不能使用“convtosolid”命令将其转换为实体。如图 11-11 所示，各表面都是平面曲面，但各曲面独立，尽管各平面围成的体积封闭且无间隙，也不能将其转换为实体。但可以使用“surfsculpt”命令将其转换为实体。
分解的三维实体	由“explode”命令分解的三维实体其表面成为独立的面域或曲面，不能再将其转换为实体；即使表面都是面域，也不能将其转换为实体。但可以使用“surfsculpt”命令将其转换为实体。

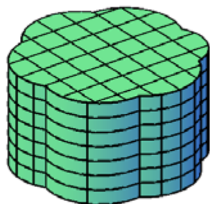


图 11-10 各曲面独立不能转换为实体

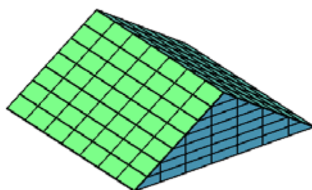
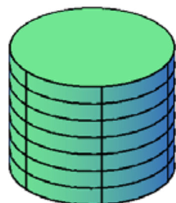


图 11-11 各平面曲面独立不能转换为实体

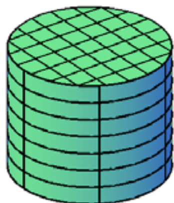


注意

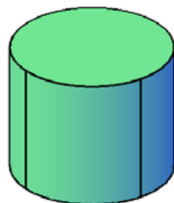
表 11-3 指出了围成闭合体积的相邻对象是独立的曲面或面域时，不能使用“convtosolid”命令将其转换为三维实体。但是，可通过“union”命令首先将这些对象合并在一起，然后再将其转换为三维实体。方法是，如果各对象都是曲面或都是面域，直接使用“union”命令创建复合对象，再使用“convtosolid”命令将其转换为实体；如果各对象有曲面有面域，先使用“convtosurface”命令将面域转换为曲面，再使用“convtosolid”命令将曲面转换为实体，如图 11-12 所示。当然，也可以使用“surfsculpt”命令（参看 11.5 节）。



a)



b)



c)

图 11-12 由曲面和面域围成闭合体积的对象转换为实体的方法

a) 顶面是面域，侧面是曲面 b) 将顶面转换曲面并使用“union”命令 c) 转换为实体

2. “convtosolid”命令

命令的输入方式有：

- 命令：convtosolid ↙
- 下拉菜单：修改(M)→三维操作(3) →转换为实体（O）
- 功能区：三维建模工作空间→“网格”选项卡→“转换网格”面板→转换为实体；三维建模空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板的“实体编辑▼”下拉列表→转换为实体

命令输入后提示：

选择对象：*选择要转换为三维实体的对象*

……

选择对象：↙

选择对象结束回车即把对象转换为实体。如果选择的对象中有一个或多个对该命令无效，则系统将提示重新选择对象。

“convtosolid”命令的执行方式也可以为先选择要转换的对象，再执行命令。

系统变量“DELOBJ”（参看 3.3.3 节）用于控制将原对象转换为实体时，是自动删除原对象，还是提示用户删除原对象。



注意

在“修改(M)”下拉菜单的“网格编辑(M)”子菜单中：

1）菜单项“转换为平滑实体(M)”，相当于对网格对象进行平滑处理并优化（即单击按钮 平滑，优化 创建合并了多个面的平滑模型，或令“SMOOTHMESHCONVERT”的值为 0），再使用“convtosolid”命令将其转换为三维实体。

2）菜单项“转换为具有镶嵌面的实体(F)”，相当于对网格对象进行镶嵌面处理并优化（即单击按钮 镶嵌面，优化 创建合并了多个平整面的有棱角模型，或令“SMOOTHMESHCONVERT”的值为 2），再使用“convtosolid”命令将其转换为三维实体。

11.3　从对象创建曲面

可以通过多种方法将图形中的现有对象转换为三维曲面。

1. “convtosurface”命令

“convtosurface”命令可将二维实体、面域、开放的且具有厚度的零宽度多段线、具有厚度的直线、具有厚度的圆弧、网格对象、三维平面转换为三维曲面。

在网格对象转换为曲面之前，应先确定系统变量“SMOOTHMESHCONVERT”的值。

图 11-13 是用“convtosurface”命令将具有厚度的圆弧转换为曲面（系统变量“VSEDGES”的值为 1）的效果。图 11-14b 是用“tabsurf”命令将图 11-14a 的轮廓曲线创建为平移网格面的效果，用“convtosurface”命令将其转换为曲面（系统变量“VSEDGES”的值为 1）的效果如图 11-14c 所示。

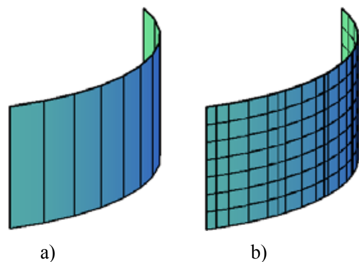


图 11-13　将具有厚度的圆弧转换为曲面

a) 具有厚度的圆弧　b) 换为曲面后

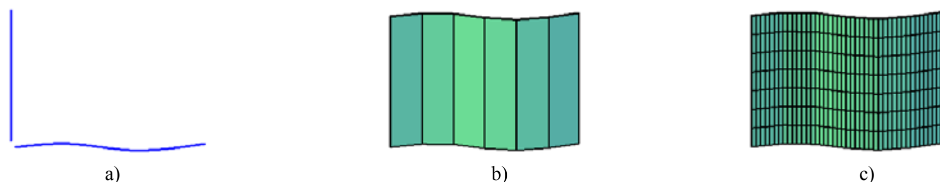


图 11-14　将平移网格面转换为曲面

a)　样条曲线作为轮廓曲线，直线作为方向矢量　b) 创建的网格面　c) 转换为曲面后

“convtosurface”命令的输入方式有：

- 命令：convtosurface ↙
- 下拉菜单：修改(M)→三维操作(3)→转换为曲面（O）
- 功能区：三维建模工作空间→“网格”选项卡→“转换网格”面板→转换为曲面；三维建模工作空间→“常用”选项卡→“实体编辑”面板“实体编辑▼”下拉列表→转换为曲面

命令输入后提示：

选择对象：*选择要转换为曲面的对象*

……

选择对象：↙

选择对象结束即转换成曲面。如果选择的对象中有一个或多个对该命令无效，将提示不能转换对象。

系统变量“DELOBJ”（参看 3.3.3 节）用于控制将原对象转换为曲面时，是自动删除原对象，还是提示用户删除原对象。

“convtosurface”命令的执行方式也可以为先选择要转换的对象，再执行命令。


注意

在“修改(M)”下拉菜单的“网格编辑(M)”子菜单中：

1）菜单项“转换为平滑曲面(O)”，相当于对要转换的对象进行平滑处理并优化（即单击按钮 平滑，优化 创建合并了多个面的平滑模型，或令“SMOOTHMESHCONVERT”的值为 0），再使用“convtosurface”命令将其转换为曲面。

2）菜单项“转换为具有镶嵌面的曲面(V)”，相当于对要转换的对象进行镶嵌面处理并优化（即单击按钮 镶嵌面，优化 创建合并了多个平整面的有棱角模型，或令“SMOOTHMESHCONVERT”的值为 2），再使用“convtosurface”命令将其转换为曲面。

---

2. “explode”命令

使用分解命令“explode”从具有曲线形面的三维实体创建曲面。例如用“explode”分解圆柱体可得到圆柱面，分解圆锥体可得到圆锥面，分解球体可得到球面等。

图 11-15 是用“explode”命令将实体分解，表面非平面的转换为曲面，表面为平面的转换为面域（系统变量 VSEDGES 值为 1）的效果。



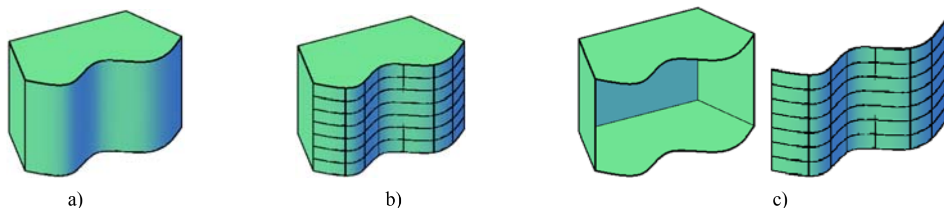


图 11-15 用“explode”命令将实体分解得到曲面

a) 实体 b) 用“explode”分解 c) 将分解后的曲面移出

11.4 加厚曲面以将其转换为三维实体

可以使用加厚命令“thicken”将三维曲面对象转换为三维实体。

命令的输入方式有：

- 命令：thicken ↙
- 下拉菜单：修改(M)→三维操作(3)→加厚(T)
- 功能区：三维建模工作空间→“常用”选项卡或“实体”选项卡→“实体编辑”面板→加厚

命令输入后提示：

选择要加厚的曲面：*选择要加厚成实体的曲面*

……

选择要加厚的曲面：↙

指定厚度 <当前厚度>: *直接回车默认当前厚度 或 输入厚度回车 或 输入一点（接下来提示“指定第二点”，指定第二点后，两点距离作为厚度）*

一般最初的默认厚度值为 0。在绘图过程中，默认厚度值始终是先前输入的厚度值。厚度值为正值和负值会分别在曲面的不同侧加厚。

系统变量“DELOBJ”用于控制实体创建后，是自动删除选择的原曲面对象，还是提示用户删除原曲面对象。

如果要使用“thicken”命令加厚某个网格面成为实体，应先将该网格对象转换为曲面，然后才能加厚。具体的操作过程是，在选择网格后会自动打开“网格 – 转换为三维实体或曲面”对话框，如图 11-16 所示。

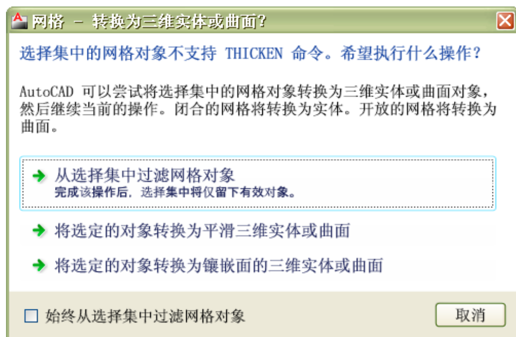


图 11-16 网格-转换为三维实体或曲面

如果选择（即用鼠标左键单击）“从选择集中过滤网格对象”，则选中的对象中仅留下能够加厚的曲面，接下来提示“指定厚度 <当前厚度>：”。

如果选择“将选定的对象转换为平滑三维实体或曲面”，或选择“将选定的对象转换为镶嵌面的三维实体或曲面”，则网格变成曲面，接下来提示“指定厚度 <当前厚度>：”。



加厚命令“thicken”提供了创建复杂的三维曲线实体的一种实用方法：首先创建一个曲面，然后将它转换为具有一定厚度的三维曲线形实体。

原样条曲线如图 11-17a 所示，图 11-17b 是用“edgesurf”命令创建边界网格的效果，图 11-17c 是用“convtosurface”命令将网格转换成曲面的效果，图 11-17d 是用 thicken 命令将曲面加厚成实体的效果。


注意

厚度值太大可能会因曲面自交而无法加厚。

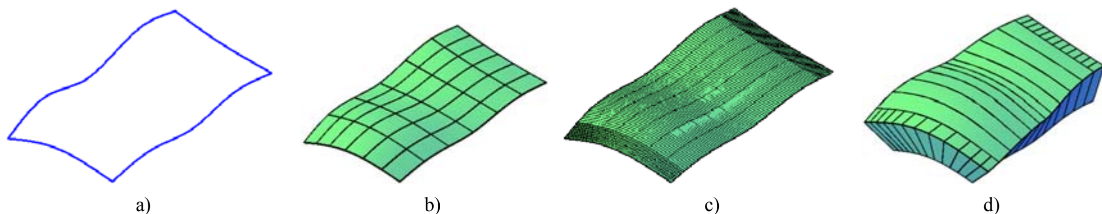


图 11-17 创建复杂的三维曲线实体举例

a) 绘制封闭的四条样条曲线 b) 用“edgesurf“命令创建的边界网格 c) 将网格转换成曲面 d) 将曲面加厚成实体

11.5 将一组对象转换为三维实体

对于一组曲面（包括网格曲面）、实体形成的封闭无间隙的区域，“surfsculpt”命令可自动合并或修剪各曲面，并将其转换为三维实体，如图 11-18 所示。

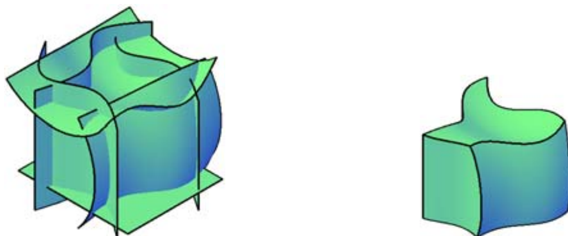


图 11-18 将形成封闭无间隙区域的一组曲面转换为三维实体

命令的输入方式有：

- 命令：surfsculpt ↙
- 工具栏：曲面编辑→曲面造型
- 下拉菜单：修改(M)→曲面编辑(F)→造型(S)
- 功能区：三维建模工作空间→“曲面”选项卡或“实体”选项卡→“编辑”面板→造型

命令输入后提示：

网格转换设置为: <*当前的网格转换设置*>

选择要造型为一个实体的曲面或实体：*选择形成封闭无间隙区域的一组曲面或实体*

……

选择要造型为一个实体的曲面或实体：↙


注意　被曲面封闭的区域必须无间隙且曲面必须具有 G0 连续性，否则转换无法完成。

实际上，完全由实体构成、完全由网格形成的无间隙封闭区域、由实体和曲面形成的无间隙封闭区域、由实体和网格形成的无间隙封闭区域以及由曲面和网格形成的无间隙封闭区域，都可以使用“surfsculpt”命令将其转换成实体。

图 11-19 是将长方体和圆柱面及曲面形成的无间隙封闭区域转换成实体的效果。图 11-20 是将椭圆柱曲面和两个网格形成的无间隙封闭区域转换成实体的效果。

在使用“surfsculpt”命令时，如果有网格对象，转换的结果使用系统变量“SMOOTHMESHCONVERT”的设置（参看 11.1 节）。原图如图 11-20a 所示，图 11-20b 是“SMOOTHMESHCONVERT”为 0（平滑，优化）时转换的结果，图 11-20c 是“SMOOTHMESHCONVERT”为 2（镶嵌面，优化）时转换的结果。

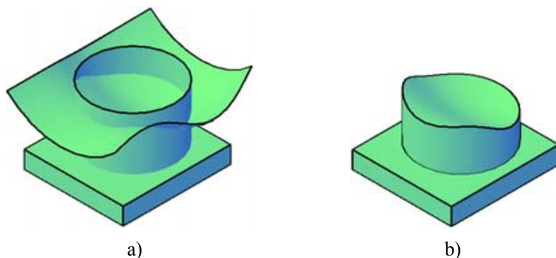

a)　　b)

图 11-19　将由实体和曲面形成的无间隙封闭区域转换成实体

a) 实体和曲面　b) 转换成实体

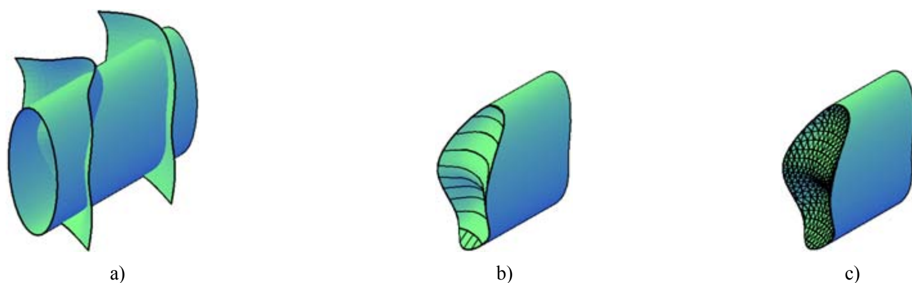

a)　　b)　　c)

图 11-20　将曲面和网格形成的无间隙封闭区域转换成实体

a) 椭圆柱曲面和两个网格　b) 平滑，优化时转换的结果　c) 镶嵌面，优化时转换的结果

第 12 章　从三维模型创建截面和线框图形



对于三维模型，可创建三维对象的截面视图、截面块、横截面和展平二维视图及线框图形。

12.1　截面对象

12.1.1　截面对象概述

使用“sectionplane”命令，可以在三维模型（三维实体、曲面或网格）中创建一个或多个截面对象。截面对象显示为一个透明的截面平面指示器，用做剪切平面，如图 12-1 所示。

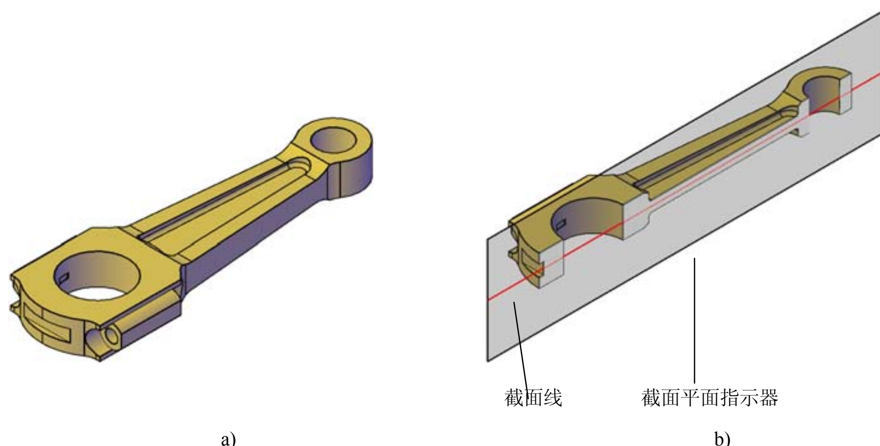


图 12-1　截面对象

a) 原零件　b) 截面平面指示器

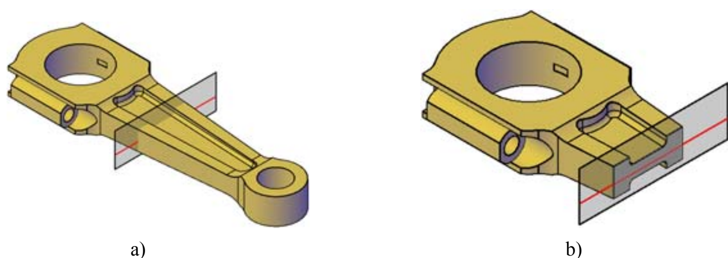
截面平面指示器包含截面线，在截面线中存储了截面对象特性。可以创建多个截面对象以存储各种特性。例如，一个截面对象可以在截面平面相交处显示一种填充图案。另一个截面对象可以显示相交区域边界的特定线型。

在三维模型（三维实体、曲面或网格）中创建截面对象，并激活活动截面，如图 12-2 所示，可以查看三维模型中的各个断面，而三维模型本身不发生改变。如果在三维模型中移动、调整截面对象，可获得不同的截面视图，从而可动态分析三维对象的内部细节。可以指定隐藏还是切除位于截面平面指示器一侧的模型部分。

可以保存和共享截面图像。创建截面对象形成剖视图后，可以从三维模型生成精确的二维块或三维块。可以分析或检查这些块以获得间隙和干涉条件。还可以对生成的块进行标



注，或在文档和演示图形中将其用做线框或渲染插图。



a)　　b)

图 12-2　活动截面打开或关闭

a) 活动截面关闭　b) 活动截面打开

还可以将每个截面对象另存为工具选项板上的工具。通过此操作，可以避免在每次创建截面对象时重置特性。

12.1.2 创建截面命令

通过“sectionplane”命令，可实现多种方法创建截面对象。命令的输入方式有：

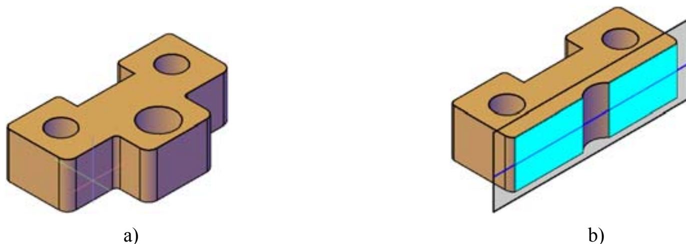
- 命令：sectionplane ↙
- 下拉菜单：绘图(D)→建模(M)→截面平面(E)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡或“实体”选项卡或“网格”选项卡→“截面”面板→截面平面

命令行的主提示为：

选择面或任意点以定位截面线或[绘制截面(D)/正交(O)]: *将光标移动到三维对象的一个封闭的平面内单击鼠标左键选择面 或 在屏幕上位于面外的任意点单击；或 输入“D”、“O”之一回车*

1．选择面

将光标移动到三维对象的一个封闭的平面内，边界将亮显，此时单击鼠标左键选择该面，将在选定面的平面上创建截面对象，截面对象自动与所选面的平面对齐，如图 12-3 所示。



a)　　b)

图 12-3　通过选择面创建截面对象

a) 光标移到一个封闭平面内　b) 创建截面对象后

使用此种方法创建截面对象时，活动截面会打开。

创建截面对象后单击截面线可显示其夹点。

2．选择任意点

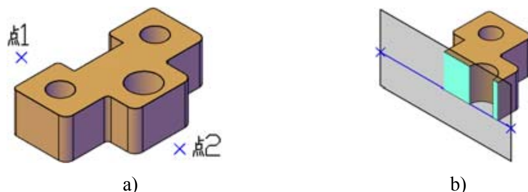
如果在屏幕上位于三维对象面外的任意点单击，将创建独立于实体或曲面的截面对象，第一点可建立截面对象旋转所围绕的点。接下来提示：

指定通过点：*移动鼠标到合适的位置单击，设置用于定义截面对象所在平面的第二个点*

在两点之间创建截面对象，如图 12-4 所示。在两点之间创建截面对象时，活动截面是关闭的，图 12-4b 是打开了活动截面后的效果。



注意　为使截面对象位置准确，可改变视图方向，并利用对象捕捉和对象追踪功能。



a)　　b)

图 12-4　通过两点创建截面对象

a) 指定两点　b) 活动截面打开后

3．绘制截面(D)

如果对主提示输入“D”回车，将定义具有多个点的截面对象以创建带有折弯的截面对象。该选项将创建处于“截面边界”状态的截面对象，并且活动截面会关闭。接下来提示：

指定起点：*输入用于定义截面平面的第一个点（可使用对象捕捉）*

指定下一点：*输入用于定义截面平面的第二个点（可使用对象捕捉）*

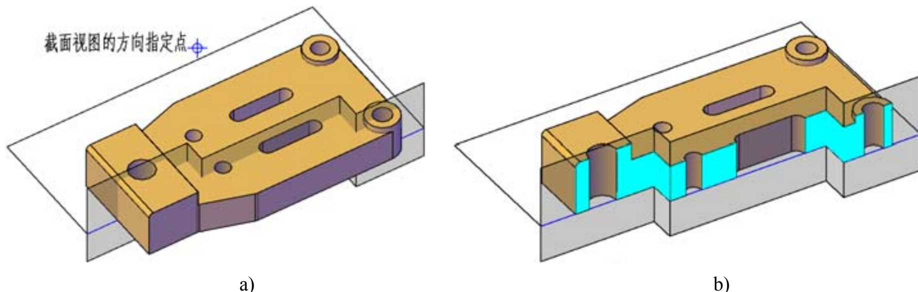
指定下一个点或按〈Enter〉键完成：*输入用于在截面平面中创建折弯的第三个点（可使用对象捕捉）*

……

指定下一个点或按〈Enter〉键完成：

按截面视图的方向指定点：*在截面剪切方向上（即截面截断三维对象后要保留的一侧）指定点。*

图 12-5 是创建的带有折弯的截面对象的效果。原图如图 12-5a 所示，鼠标左键双击创建后的截面对象，活动截面会打开，如图 12-5b 所示。



a)　　b)

图 12-5　创建的带有折弯的截面对象

a) 带有折弯的截面对象　b) 活动截面打开的截面对象

4．正交(O)

如果对主提示输入“O”回车，将创建相对于 UCS 的正交方向（前视、后视、仰视、俯视、左视或右视，而非当前视图）对齐的截面对象。正交的截面对象将置于通过图形中所有三维对象的三维范围的中心位置处。此时创建的截面对象处于“截面边界”状态，并且活动截面会打开。接下来提示：

将截面对齐至：*[前(F)/后(A)/顶部(T)/底部(B)/左(L)/右(R)] <底部>：输入“F”、“A”、“T”、“B”、“L”、“R”之一回车及创建截面对象*

由于新创建的截面对象置于图形中所有三维对象的三维范围的中心点处，当有多个三维对象时，截面对象的位置未必在三维对象上，可用移动命令“move”移动截面对象到三维对象上。如果想观察当前不能直接观察的截面，可用视图观察命令（如动态观察命令“3dforbit”等）改变视点进行观察，如图 12-6 所示。

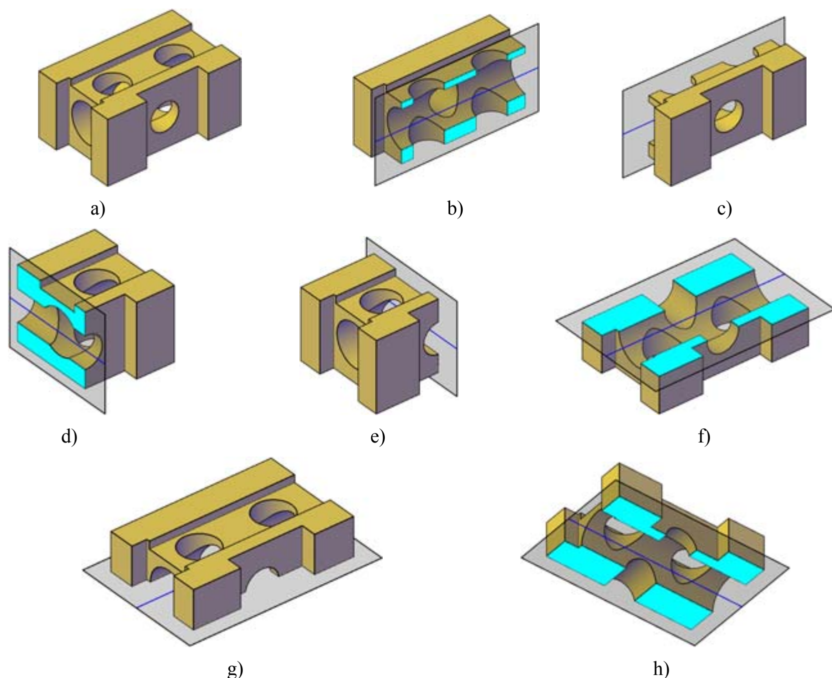


图 12-6　创建相对于 UCS 的正交方向对齐的截面对象

a) 原三维实体　b) 与前视平行的截面对象　c) 与后视平行的截面对象　d) 与左视平行的截面对象　e) 与右视平行的截面对象　f) 与俯（顶）视平行的截面对象　g) 与仰（底）视平行的截面对象　h) 与仰（底）视平行的截面对象的仰视

12.2　修改截面视图

创建截面对象后，调整其显示或修改其形状和位置，以更改显示的截面视图。

12.2.1　将折弯添加至截面

除了可以使用“sectionplane”命令的“绘制截面（D）”选项创建具有多条线段（折弯）的截面线，也可以使用“sectionplanejog”命令向已有截面对象添加折弯。

添加到现有截面对象的折弯将创建一个垂直于选定线段的线段，其视点的方向为方向夹点设置的方向。不能将折弯添加到截面对象的侧面线或背面线。

将折弯线段添加至截面对象的方法是执行命令“sectionplanejog”，命令的输入方式有：

- 命令：sectionplanejog ↙

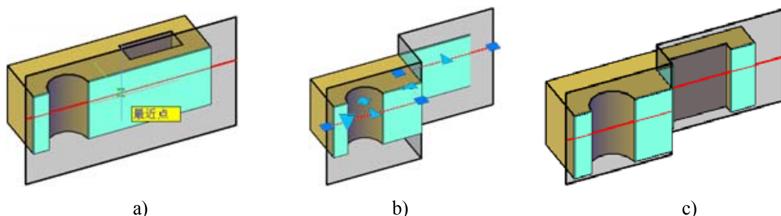
● 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“截面”面板→“截面▼”下拉列表→添加折弯； 三维建模空间→“网格”选项卡和“实体”选项卡→“截面”面板→添加折弯
● 快捷菜单：选中截面线，在截面线上单击鼠标右键，打开右键菜单，从中选择“将折弯添加至截面”

命令输入后提示：

选择截面对象： *选择截面对象*

指定截面线上要添加折弯的点： *光标移动到截面线上，在折弯的位置单击鼠标左键（此时，如果绘图工具按钮“对象捕捉”处于打开状态，“捕捉到最近点”模式会临时打开，以帮助将折弯放置到截面上。如果“对象捕捉”没有打开，可临时使用一次“捕捉到最近点”）*

接下来在截面线上创建折弯，折弯线段与截面线成 90º 角。要创建其他折弯，重复执行“sectionplanejog”命令。添加折弯后，可以通过拖动截面对象夹点来重新放置折弯截面或调整其大小，如图 12-7 所示。



a) b) c)

图 12-7 将折弯添加至截面

a) 创建截面对象 b) 添加折弯 c) 拖动夹点来重新放置折弯截面



注意

无法创建会导致直线自交或闭合的折弯。

12.2.2 使用活动截面调整横截面

使用活动截面可以在三维模型或面域中动态移动截面对象。

1. 什么是活动截面

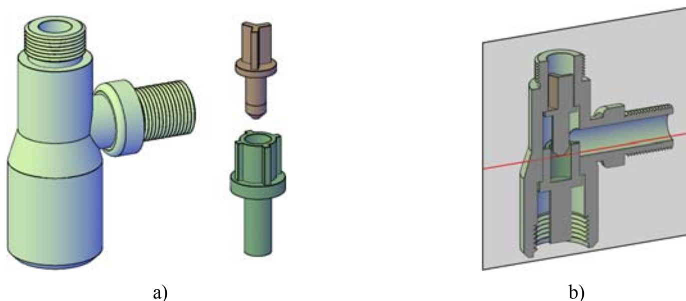
活动截面是用于在三维实体、曲面或面域中查看剪切几何体的分析工具。一旦激活活动截面，截面对象把三维对象剖切，并将其一侧隐藏，显示与截面对象相交的三维对象的横截面，如图 12-2 所示。激活活动截面后，可以通过夹点调整截面对象或其线段的位置，来更改查看剖切平面。

活动截面仅可以与使用“sectionplane”创建的截面对象一起使用。

也可以通过命令“move”移动截面对象来使用活动截面分析模型。例如，在图 12-8 的装配体中移动截面对象可以帮助用户看到在其内部零件的装配状况。可以使用此方法创建可保存或重复使用的横截面视图。

2. 打开活动截面

活动截面可根据创建截面对象的方式自动打开或关闭。例如，选择一个面以定义截面平面时，将打开活动截面。使用“sectionplane”命令的“绘制截面(D) ”选项创建截面时，会关闭活动截面。创建截面对象后，可手动打开或关闭活动截面。



a)　　b)

图 12-8　装配体中的截面对象

a) 装配体的零件　b) 装配体中的活动截面

一个图形可包含多个截面对象。但是，一次只能为一个截面对象激活活动截面。如果模型包含两个截面对象：截面 A 和截面 B，在已打开截面 A 的活动截面时，如果激活截面 B 的活动截面，截面 A 的活动截面将自动关闭。

关闭截面对象图层不会关闭活动截面。但是，冻结图层会关闭活动截面。

打开或关闭截面对象的活动截面的命令是“livesection”，命令的输入方式是：

- 命令：livesection ↙
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“截面”面板→“截面▼”下拉列表→ 活动截面；三维建模空间→“网格”选项卡和“实体”选项卡→“截面”面板→ 活动截面
- 快捷菜单：选中截面线，在截面线上单击鼠标右键，打开右键菜单，从中选择“激活活动截面”

命令输入后提示：

选择截面对象：*光标移动到截面上单击鼠标左键即打开或关闭截面对象的活动截面。*

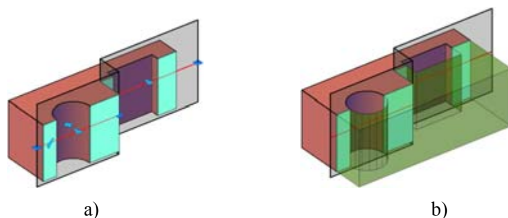
如果是先选中截面对象的，一旦执行命令，将即刻打开或关闭截面对象的活动截面。



注意　打开或关闭活动截面最简单的方法是光标移动到截面对象上双击鼠标左键。

3. 显示切除的几何体

关闭活动截面可显示未切除的三维对象整体。另外，也可以通过打开切除几何体的方式，显示包含截面平面、切除的几何体部分（可用另外的颜色、线型、透明度等显示）的整个对象，如图 12-9 所示。方法是：



a)　　b)

图 12-9　显示包含截面平面、切除的几何体部分的整个对象

a) 不显示切除的几何体　b) 显示切除的几何体

先选中截面对象，再在截面线上单击鼠标右键，打开右键菜单，选择“显示切除的几何体”，即可打开切除的几何体。

“显示切除的几何体”只在截面平面处于激活状态时才可用。切除几何体的颜色、线型、透明度等在“截面设置”对话框（参看 12.3.3 节）中设置。



4．修改活动截面显示设置的方法

在截面对象上单击鼠标右键，打开右键菜单，单击“活动截面设置”，打开“截面设置”对话框，选中“活动截面设置”，在“相交边界”、“相交填充”、“切除的几何体”中修改相关内容，然后单击“确定”按钮。详细过程参看 12.3.3 节。

12.2.3 使用夹点修改截面对象

1．截面对象上的夹点

截面对象夹点可帮助用户移动截面对象和调整其大小。选中要显示夹点的截面对象，在截面体积状态下，截面对象的各夹点如图 12-10 所示。

选中这些夹点并移动光标，可以调整剪切区域的位置、长度、宽度和高度。一次仅可选择一个截面对象夹点。

基准夹点：用做移动、缩放和旋转截面对象的基点。它将始终与菜单夹点相邻。

第二夹点：用于绕基准夹点旋转截面对象。

菜单夹点：单击该夹点，显示截面对象状态的菜单，如图 12-11 所示，用于控制关于剪切平面的视觉信息的显示。关于截面对象状态参看本节的“2.设置截面对象状态”。

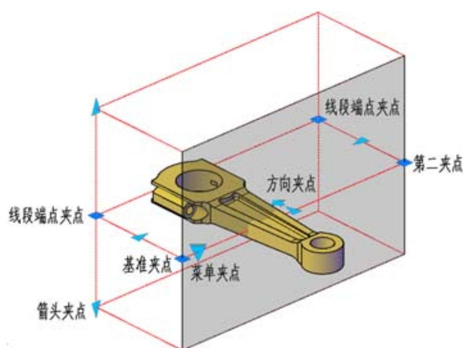


图 12-10 截面对象的各夹点

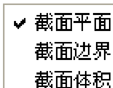


图 12-11 截面对象状态的菜单

方向夹点：控制二维截面的观察方向。要反转截面平面的观察方向，单击“方向”夹点。

箭头夹点（仅在截面边界状态和体积状态时显示）：各个箭头夹点可修改截面对象的长度、宽度和高度。移动临近方向夹点的箭头夹点，还可修改截面对象的位置。注意，箭头夹点只能在箭头方向进行正交移动。

线段端点夹点（仅在截面边界状态和体积状态显示）：用于拉伸截面边界的顶点。移动显示在截面线上折弯线段处的线段端点夹点可改变折弯方向。

使用夹点调整截面对象的步骤是：

1）在绘图区域中，单击截面平面对象，根据当前截面平面状态，将显示不同的夹点。

2）将光标悬停在夹点上方（稍停待其变为红色），单击鼠标左键，然后移动鼠标，将夹点拖至新位置单击。

3）要调整截面平面的高度、宽度或深度，单击“菜单”夹点，选择“截面体积”或“截面边界”，然后调整箭头夹点。

2．设置截面对象状态

可以使用“菜单”夹点更改截面对象的状态。单击选中截面对象时显示的“菜单”夹点，从截面对象状态的菜单中在对象状态之间切换。截面对象具有以下显示状态：

截面平面：将显示截面线和透明截面平面指示器，如图 12-12a 所示。剪切平面向所有方向无限延伸，激活活动截面后可看到效果。

截面边界：二维方框显示剪切平面的 XY 范围，如图 12-12b 所示。

截面体积：三维方框显示剪切平面在所有方向上的范围，如图 12-12c 所示。

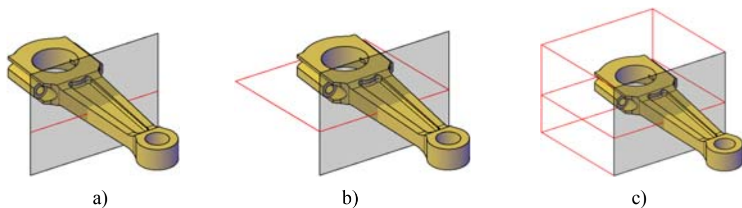


图 12-12　截面对象状态

a) 截面平面状态　b) 截面边界状态　c) 截面体积状态

12.2.4 设置截面对象特性

截面对象与其他 AutoCAD 对象一样具有特性。特性存储在截面线中并可以在“特性”选项板中访问。对于每个截面对象，均可以更改其名称、图层和线型。也可以更改截面平面指示器（剪切平面）的颜色和透明度。在“特性”选项板中更改截面对象的状态的方法如下：

选中截面对象，打开“特性”选项板，如图 12-13 所示。



图 12-13　选中截面对象后的“特性”选项板

1）在“特性”选项板中的“截面对象”栏中：

单击“名称”框右格，输入不同的名称，可重命名截面对象。

单击“类型”框右格，可选择“平面”、“边界”、“体积”之一，截面显示将更新为相应状态。

单击“活动截面”框右格，可选择“是”或“否”，决定是否激活活动截面。

单击“平面透明度”框右格，输入一个 1～100 之间的值，可更改截面平面指示器的透明度。输入“1”使截面平面指示器不透明。

单击“平面颜色”框右格，可从下拉列表中选择截面平面指示器的颜色，同时更新视口中的截面平面指示器。

2）在“特性”选项板“几何图形”栏中：

单击“标高”框右格，输入一个值，可更改截面平面线的标高。

单击“顶部平面”框右格，输入一个值，可更改截面线到截面平面的顶边的距离。更改后回车即可更新视口中的截面平面指示器。

单击“底部平面”框右格，输入一个值，可更改截面线到截面平面的底边的距离。更改后回车即可更新视口中的截面平面指示器。

12.2.5 将截面对象与视图或相机关联

将截面对象与视图管理器中的命名视图或相机（参看第 13 章）关联，激活具有关联截面对象的命名视图或相机时，会打开该截面对象的活动截面。对于具有多个截面对象的三维模型，可能希望将特定截面对象关联到视图或相机。尔后，可以恢复保存的截面视图或相机，并激活关联截面对象的活动界面。

例如，设置以不同方向剪切三维模型的两个截面对象。截面对象 A 沿模型宽度剪切模型，截面对象 B 沿模型长度剪切模型，如图 12-14 所示。创建视图 Q1 和相机 X1，在视图管理器左侧窗格中的“模型视图”下，选中 Q1 或 X1。 在“常规”区域中，单击“活动截面”的右格，从下拉列表中选择截面对象 A 或 B，然后单击“确定”按钮，即可使截面对象 A 与 Q1 关联，或使截面对象 B 与 X1 关联，如图 12-15 所示。

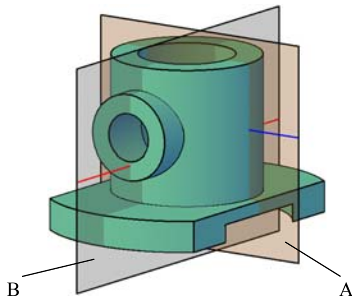


图 12-14　创建截面对象 A 和截面对象 B

如果将视图 Q1 置为当前视图，将立即显示为如图 12-16 所示的效果；如果将相机 X1 置为当前视图，将立即显示为如图 12-17 所示的效果。这样，通过将每个截面对象与视图或相机关联，可以快速地在两个视图间切换并查看需要的横截面。显示命名视图或相机后，会打开关联截面对象的活动截面。

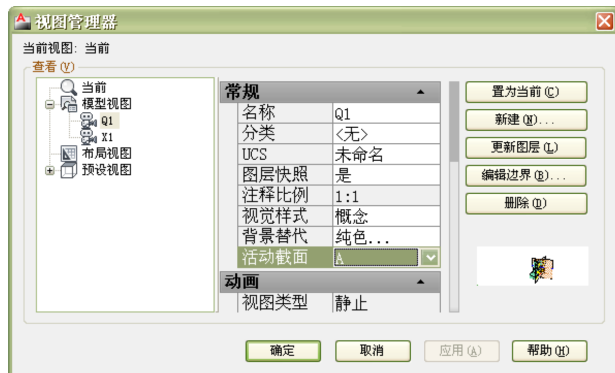


图 12-15　截面对象 A 与视图 Q1 关联，截面对象 B 与相机 X1 关联

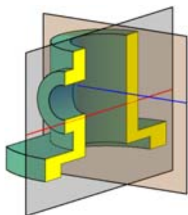


图 12-16　将视图 Q1 置为当前视图

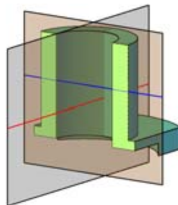


图 12-17　将相机 X1 置为当前视图

12.3　将截面对象保存为块或工具

12.3.1　截面块概念

对于创建了截面对象的三维模型（如图 12-18a 所示），可以将截面对象与三维模型相交处的横截面区域另存为二维截面块，如图 12-18b、图 12-18c 所示；也可将激活活动截面后所剩三维模型另存为三维截面块，如图 12-18d 所示。由“生成截面/立面”对话框选择创建的块类型。二维截面块和三维截面块的显示特性在“截面设置”对话框中进行控制。

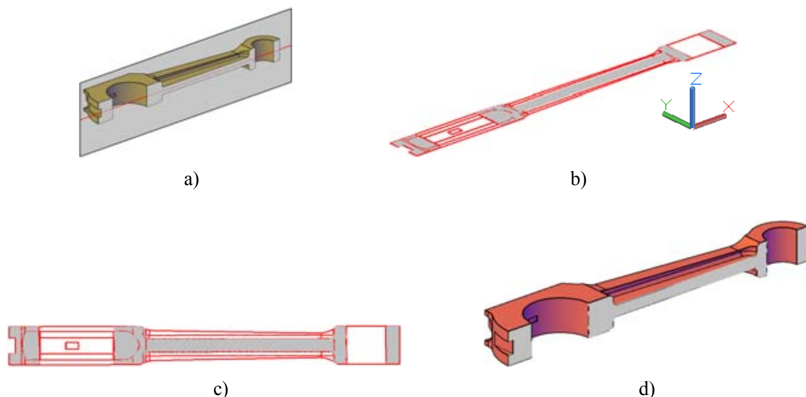


图 12-18　将创建了截面对象的三维模型另存为二维或三维截面块

a) 活动截面打开　b)　二维截面块　c) 正视二维截面块　d) 三维截面块

12.3.2 创建截面块命令

"sectionplanetoblock"命令可将二维或三维截面保存为块。命令的输入方式有：

- 命令：sectionplanetoblock ↙
- 功能区：三维建模空间的"常用"选项卡→"截面"面板→"截面▼"下拉列表→生成截面；三维建模空间→"网格"选项卡或"实体"选项卡→"截面"面板→生成截面
- 快捷菜单：选中截面线，在截面线上单击鼠标右键，打开右键菜单，从中选择"生成二维/三维截面…"

命令输入后将打开"生成截面/立面"对话框，为保存并重复使用的横截面指定显示设置，如图 12-19 所示。



a)　　b)

图 12-19 "生成截面/立面"对话框

a) 未展开　b) 展开后

1."截面平面"栏

如果没有选择截面平面，会在"选择截面平面"按钮的下方警示"⚠(未选择截面平面对象)"，单击该按钮，将暂时关闭对话框，命令行提示：

选择截面对象：*选择要修改或另存为块的截面对象*

选择截面对象后返回对话框，按钮的下方显示"(选定了截面平面)"。

2."二维/三维"栏

"二维截面/立面（2）"单选按钮：选中该按钮，将创建表示二维横截面的块。

如果工程需要使用二维立面图形或二维截面，"二维截面/立面"可以选项创建准确的块

表示，并可随时进行标注。

“三维截面（3）”单选按钮：选中该按钮，将创建并保存或插入切除后的三维块。

要发布或渲染已切除了部分的三维模型，选择“三维截面”选项。三维截面几何体主要由三维实体和曲面组成。但是，横截面轮廓由二维直线组成。

3.“源几何体”栏

截面块中包含的对象根据选定的截面对象状态的不同而有所不同。可以在创建截面块时选择要包含的特定对象。

“包括所有对象(A) ”单选按钮：选中该按钮，创建的截面块将包括图形中的所有三维对象（三维实体、曲面和面域），包括外部参照和块中的三维对象。

“选择要包括的对象(O) ”单选按钮：选中该按钮，将手动选择要从中创建截面块的三维对象（三维实体、曲面、网格和面域）。此时，选择对象按钮 可用，单击该按钮，将暂时关闭对话框，命令行提示：

选择对象: *选择三维对象*

……

选择对象: ↙

选择三维对象后返回对话框，同时指示选定对象的数目。

4.“目标”栏

“插入为新块（I）”单选按钮：选中该按钮，将在当前图形中插入生成的截面块。二维截面块（包括延伸到三维空间的截面块）将插入到当前 UCS 的 XY 平面上。可以在插入时设置缩放、旋转和基点。过后可以通过“bedit”命令编辑块对其进行修改和重命名。

“替换现有的块（R）”单选按钮：选中该按钮，将使用新生成的截面块替换图形中的现有块。此时，选择对象按钮可用，单击该按钮，将暂时关闭对话框，命令行提示：

选择要替换的块: *在图形中选择要替换的块*

完成块选择后，重新显示“生成截面/标高”对话框。

“输出到文件（E）”单选按钮：选中该按钮，将把截面块保存到外部文件，以便稍后使用时插入。此时，“文件名和路径”下拉列表框可用，可从下拉列表中选择路径，也可在该列表框中输入文件路径，或单击按钮...，打开“浏览图形文件”对话框，指定要保存截面块的文件名和路径。

5.“截面设置”按钮

单击该按钮，将打开“截面设置”对话框如图 12-20 所示，设置选定截面平面的显示选项，参看 12.3.3 节。

6.“创建”按钮

单击该按钮，将开始创建截面块。如果在“目标”栏选中的是“插入为新块（I）”单选按钮，对话框暂时关闭，命令行出现“块插入”的提示：

单位: *毫米*　　转换: *1.0000*

指定插入点或[基点(B)/比例(S)/X/Y/Z/旋转(R)]:

输入 X 比例因子，指定对角点，或[角点(C)/XYZ(XYZ)]<1>:

输入 Y 比例因子或<使用 X 比例因子>:

指定旋转角度<0>:

可按一般的块插入时的回答方法回答上述提示，完成截面块的创建。

如果在“目标”栏选中的是“替换现有的块(R) ”单选按钮，将立即用新生成的截面块替换图形中的现有块。

如果在“目标”栏选中的是“输出到文件(E)”单选按钮，将立即在选择的路径下创建截面块的文件。

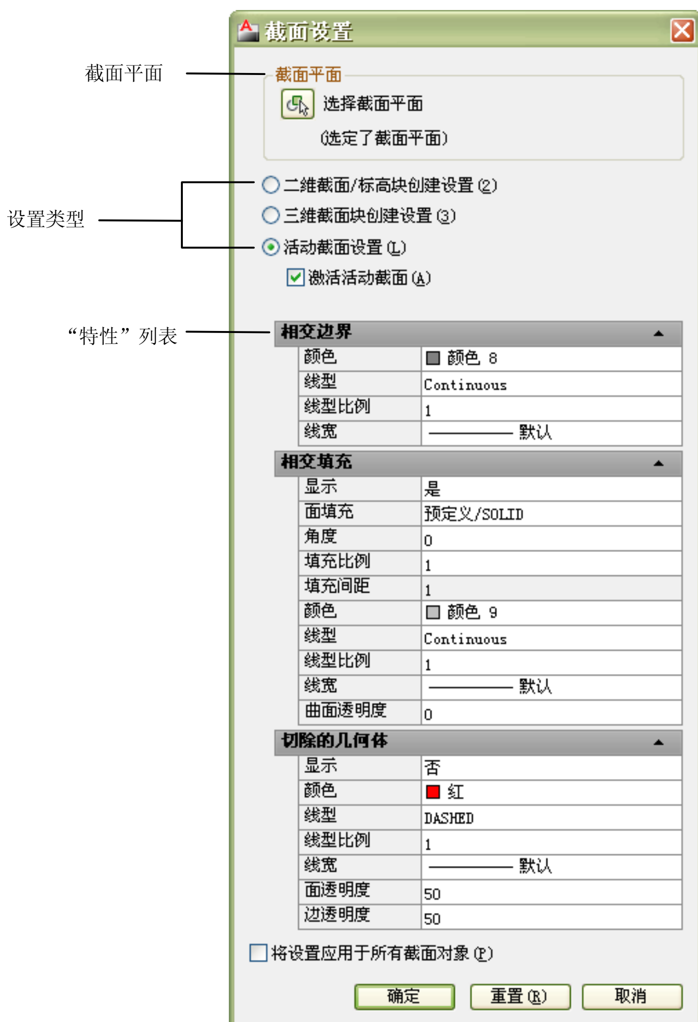


图 12-20 “截面设置”对话框

12.3.3 “截面设置”对话框

“sectionplanesettings”命令用于打开“截面设置”对话框，设置截面平面的显示选项。在“截面设置”对话框中，包含从“生成截面/标高”对话框创建二维截面和三维截面以及活动剖切的显示设置。所有设置都将与截面对象一起存储。

命令的输入方式有：

- 命令：sectionplanesettings ↙
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“截面”面板→↘截面，截面平面设置；三维建模空间→“网格”选项卡和“实体”选项卡→“截面”面板→↘建模，截面平面设置…
- 快捷菜单：选中截面线，在截面线上单击鼠标右键，打开右键菜单，从中选择“活动截面设置…”

命令输入后打开“截面设置”对话框，如图 12-20 所示。

1．截面平面

如果没有选择截面平面，会在“选择截面平面”按钮的下方警示“⚠（未选择截面平面对象）” 单击按钮，将暂时关闭对话框，命令行提示：

选择截面对象：*选择要进行设置的截面对象*

选择截面对象后返回对话框，按钮的下方显示“(选定了截面平面)”。

2．设置类型

指定“特性”列表中要显示的设置类型。

“二维截面/标高块创建设置”：选中该单选按钮，决定从三维对象生成二维截面时二维截面的显示方式。

“三维截面块创建设置”：选中该单选按钮，决定生成三维对象时三维对象的显示方式。

“活动截面设置”：选中该单选按钮，决定打开活动截面时，截面对象在图形中的显示方式。此时，“激活活动截面”复选框可用，选中该复选框，将打开选定截面对象的活动剖切。

3．“特性”列表

“特性”列表设置要应用于新截面块的特性。

(1)“相交边界”栏

在用 sectionplanetoblock 命令创建的截面块时，截面对象与三维对象相交区域的边界（即三维对象的断面边界）形成一个块，“相交边界”栏用于设置这个块的外观。

颜色：单击右格，从下拉列表中选择相交边界的颜色。如果列表中不包含要使用的颜色，单击“选择颜色”，打开“选择颜色”对话框从中选择。

图层（仅在“设置类型”中选中“二维截面/标高块创建设置”和“三维截面块创建设置”时才出现）：设置相交边界的图层。单击右格，从下拉列表中选择横线以下现有图层，或选择“*通过选择对象指定图层*”，将截面块的相交边界拆分到独立的图层上。如果要将自定义的前缀或后缀添加到*通过选择对象指定图层*名称，单击“新图层名设置…”，打开“新图层名”对话框，如图 12-21 所示，选中“前缀”或“后缀”单选按钮。

线型：单击右格，从下拉列表中选择相交边界的线型“ByLayer”、“ByBlock”或其他已有线型。

线型比例：单击右格，可输入相交边界的新的线型比例。

打印样式（仅在“设置类型”中选中“二维截面/标高块创建设置”和“三维截面块创建设置”时才出现）：右格显示相交边界当前的打印样式。

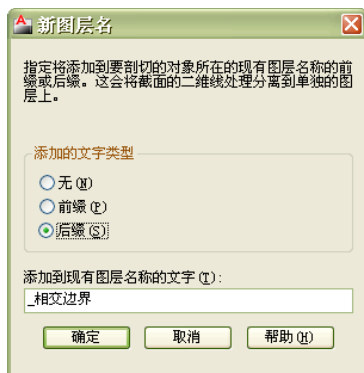


图 12-21 “新图层名”对话框

线宽：单击右格，从下拉列表中选择相交边界的线宽为“ByLayer”、“ByBlock”或其他线宽。

拆分线（仅在“设置类型”中选中“二维截面/标高块创建设置”时才出现）：设置是否显示拆分线。单击右格，从下拉列表中选择“是”或“否”。

显示（仅在“设置类型”中选中“三维截面块创建设置”时才出现）：设置是否显示相交边界。单击右格，从下拉列表中选择“是”或“否”。

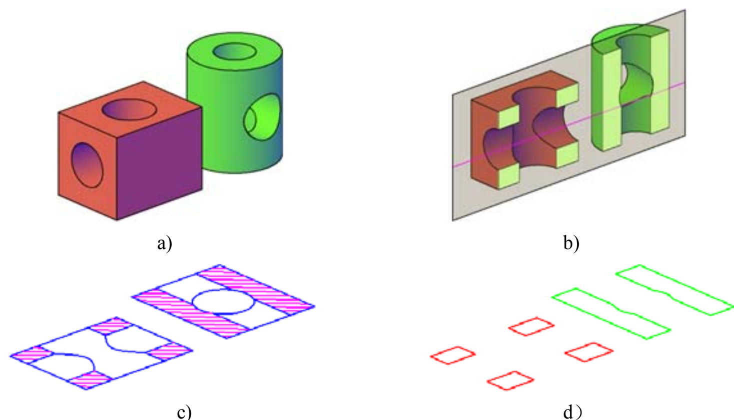
（2）“新图层名”对话框

默认情况下，用“sectionplanetoblock”命令创建的截面块的几何图形：相交边界、相交填充、背景线、曲线切线及切除的几何体（通称为截面块组件），均置于图层 0（零）上，也可以把几何图形指定到其他图层上；还可以在使用“sectionplanetoblock”命令创建截面块时，创建带有前缀标签或后缀标签的新图层。把几何图形置于带有前缀标签或后缀标签的独立图层上，有助于截面块组件快速排序和标识。新图层的名称将包含截面对象所截三维对象所在图层的名称与用户指定的前缀或后缀结合在一起。如果截面平面包括两个或多个图层上的对象，则将创建两个或多个新对象图层。

例如，如图 12-22a 所示，在图层 1 上创建带孔的红色长方体，在图层 2 上创建带孔的绿色圆柱；创建截面对象，如图 12-22b 所示。在“截面设置”对话框中，选中“二维截面/标高块创建设置”单选按钮，在“相交边界”栏的“图层”格，单击右格，选择“新图层名设置…”，打开“新图层名”对话框，如图 12-21 所示，选中“后缀”单选按钮，在“添加到现有图层名称的文字（T）”中输入后缀（可使用默认后缀“_相交边界”），然后选择“图层”格的“*通过选择对象指定图层_相交边界*”。用“sectionplanetoblock”命令创建二维截面块，如图 12-22c 所示，创建完成后，将创建两个新图层“图层 1_相交边界”和“图层 2_相交边界”（可在“图层控制”下拉列表或“图层特性管理器”中查看）。如果关闭除“图层 1_相交边界”和“图层 2_相交边界”外的所有图层，将会看到图 12-22d 的效果。如果再用分解命令“explode”分解后，可以看到红色长方体的断面在图层“图层 1_相交边界”上，绿色圆柱的断面在图层“图层 2_相交边界”上。

用户可以通过更改特性来轻松修改块组件集的外观。如可在“截面设置”对话框中将“颜色”等特性修改，如果将该类特性设置为“ByLayer”，还可在“图层特性管理器”中对其进行修改。





a) b) c) d）

图 12-22 创建截面块时，创建带有后缀标签的新图层

a) 带孔的红色长方体和绿色圆柱体 b) 创建截面对象后 c) 创建二维截面块 d）仅打开“图层 1_相交边界”和“图层 2_相交边界”

“新图层名”对话框的选项意义如下。

“添加的文字类型”栏：指定是否将前缀或后缀添加到截面块组件的图层名，以及如何添加。其中，“无”单选按钮选中后，效果是不将任何附加文字添加到图层名。截面块几何图形置于原始几何图形的同一图层上。“前缀”单选按钮选中后，效果是在“截面设置”对话框中将“图层”特性指定为“*通过选择对象指定图层*”时，在下面“添加到现有图层名称的文字”文本框中的前缀标签将添加到图层名的前面。“后缀”该单选按钮选中后，效果是在“截面设置”对话框中将“图层”特性指定为“*通过选择对象指定图层*”时，在下面“添加到现有图层名称的文字”文本框中的后缀标签将添加到图层名的结尾处。

“添加到现有图层名称的文字”文本框：指定插入截面块时要添加到包含组件几何图形的图层的前缀或后缀，即若干标识文字。

（3）“相交填充”栏

用于设置截面对象与三维对象相交区域的边界（即三维对象的断面边界）块的内部的填充图案。

显示：设置是否显示相交填充。单击右格，从下拉列表中选择“是”或“否”。

面填充：设置要用于相交区域的填充图案。单击右格，从下拉列表中选择要填充的图案。如果选择“选择填充图案类型”，将打开“填充图案类型”对话框，如图 12-23 所示。

在“填充图案类型”对话框中，从“图案类型”下拉列表中选择“预定义”、“自定义”及“用户定义”。当选择“预定义”时，可单击“图案…”按钮，打开“填充图案选项板”，从中选择图案；也可单击“图案名称”下拉列表（第二个下拉列表），从中选择填充图案的名称。图 12-24 是选择“预定义”图案“ANSI31”的效果。

角度：单击右格，可输入填充图案的角度（当选择“预定义”时）。

填充比例：单击右格，可输入填充图案的比例（当选择“预定义”时）。

填充间距：单击右格，可输入填充线间的距离（当选择“用户定义”时）。

颜色：单击右格，从下拉列表中选择相交边界的颜色。如果列表中不包含要使用的颜色，单击“选择颜色”，打开“选择颜色”对话框从中选择。

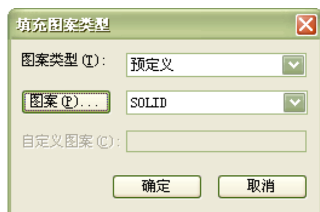


图 12-23 “填充图案类型”对话框

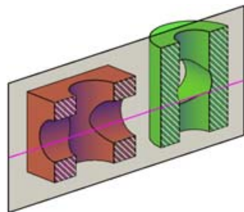


图 12-24 选择“预定义”图案“ANSI31”的效果

图层（仅在“设置类型”中选中“二维截面/标高块创建设置”和“三维截面块创建设置”时才出现）：设置相交填充的图层。选择横线以下现有图层，或选择“*通过选择对象指定图层*”，将相交填充拆分到独立的图层上。如果要将自定义的前缀或后缀添加到 *通过选择对象指定图层*名称，单击“新图层名设置…”，打开“新图层名”对话框，选中“前缀”或“后缀”单选按钮。

线型：单击右格，从下拉列表中选择相交边界的线型“ByLayer”、“ByBlock”或其他已有线型。

线型比例：单击右格，可输入相交边界的新的线型比例。

打印样式（仅在“设置类型”中选中“二维截面/标高块创建设置”和“三维截面块创建设置”时才出现）：右格显示相交边界当前的打印样式。

线宽：单击右格，从下拉列表中选择相交边界的线宽为“ByLayer”、“ByBlock”或其他线宽。

曲面透明度（仅适用于活动截面）：单击右格，可输入相交填充透明度的百分比。

（4）“背景线”（仅在“设置类型”中选中“二维截面/标高块创建设置”和“三维截面块创建设置”时才出现）栏

用于控制背景线（即二维截面块或三维截面块的轮廓）的显示。

显示（仅在“设置类型”中选中“二维截面/标高块创建设置”时才出现）：单击右格，从下拉列表中选择“是”或“否”。

隐藏线（仅在“设置类型”中选中“二维截面/标高块创建设置”时才出现）：设置是否显示隐藏线（在三维视图中位于其他线后面的线）。

颜色、图层、线型、线型比例、打印样式、线宽参看“相交边界”栏。

（5）“曲线切线”（仅在“设置类型”中选中“二维截面/标高块创建设置”时才出现）栏

用于控制与截面平面相切的曲线所包含的内容。

显示：单击右格，从下拉列表中选择“是”或“否”。

颜色、图层、线型、线型比例、线宽参看“相交边界”栏。

（6）“切除的几何体”栏

用于设置切除对象的特性。

显示：单击右格，从下拉列表中选择“是”或“否”。图 12-25 是选择“是”的效果。

颜色、图层、线型、线型比例、线宽参看“相交边界”栏。

面透明度（仅在“设置类型”中选中“活动截面设置”时才出现）：设置在活动截面对象与三维对象相交处创建的面的透明度百分比。单击右格，输入透明度百分比值。

边透明度（仅在“设置类型”中选中“活动截面设置”时才出现）：设置前景线的边的

透明度百分比。单击右格，输入透明度百分比值。

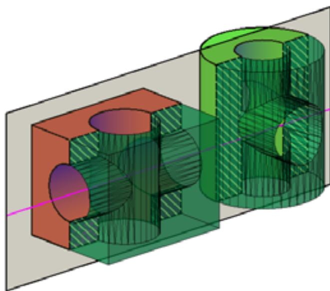


图 12-25　显示切除的几何体

4．“将设置应用于所有截面对象”复选框

该复选框选中时，将所有设置应用于图形中的所有截面对象。清除后，仅将设置应用于当前截面对象。

5．“重置”按钮

单击该按钮，将对话框中的所有设置重置为其默认值。

12.3.4　在独立图层上保存截面块部件的步骤

1）输入命令“sectionplanetoblock”。

2）单击截面对象。

3）在“生成截面/立面”对话框中，单击“二维截面/立面（2）”或“三维截面（3）”。

4）在展开的对话框中，单击“截面设置(S) ”，打开“截面设置”对话框。

5）在“截面设置”对话框的“特性”列表中，单击要更新栏（如相交边界、相交填充等）的“图层”下拉列表。

6）在展开的“图层”下拉列表中，指定要放置截面块部件的图层。

要设置现有的图层名称，单击“*通过选择对象指定图层*”或另一图层的名称。转至步骤 7）。

要创建可添加到块截面图层名称的说明标签，单击“新图层名设置”。

7）在“新图层名”对话框中，指定说明文字的显示方式：

在“添加的文字类型”下，指定希望将说明文字用做前缀还是后缀。

在“添加到现有图层名称的文字”下，输入要添加到图层名称的说明文字。

单击“确定”。

8）在“截面设置”对话框中，单击“确定”。

9）在“生成截面/立面”对话框中，单击“创建”。

12.3.5　将截面对象保存为工具

在“截面设置”对话框中，对截面对象设置特性之后，用户可从该截面对象创建工具，之后在需要使用相同特性的截面对象时，就可从工具选项板中访问这些工具。

如果多个截面对象中的每个对象均具有自有的特性集，则可以将每个截面对象另存为工具。过后，从工具选项板中可以快速创建使用相同设置的新截面对象。

将截面对象工具保存为工具选项板工具的步骤是：

1）在截面对象上，选择截面线。

2）将截面对象拖动到工具选项板上要放置工具的位置，黑线表明工具的新位置。

3）松开鼠标按钮。截面对象将另存为工具选项板上的工具。

12.3.6 发布截面对象

渲染、打印截面对象或在 DWF 文件查看器中查看截面对象时，可以控制截面对象的可见性。

1．渲染截面对象

打开活动截面后，截面对象上的所有直线均作为二维直线渲染。截面平面指示器作为透明材质渲染。其透明度在“特性”选项板中可以进行控制。

如果希望渲染三维切除部分，将切除截面另存为三维块，并渲染块参照。

2．打印截面对象

截面对象处于截面边界或截面体积状态时，无法打印显示的直线。截面平面指示器以透明效果打印。但是，无法达到渲染时的视觉质量。

若要不打印截面线，可以将截面对象放置到关闭的图层上。

3．在 DWF 文件查看器中查看截面对象

截面对象的活动截面处于激活状态时，三维模型可能会以最佳视觉质量显示在 DWF 查看器中。活动截面隐藏的几何体也将在 DWF 查看器中隐藏。

查看器中活动截面的显示设置的外观与图形中的外观相同。例如，指定给三维模型的相交区域的虚线线型和填充图案将保留在 DWF 查看器显示中。

截面对象在 DWF Viewer 中不可见。

12.4 创建表示三维对象的横截面的面域

通过“section”命令，可由多种方法创建穿过三维对象的平面横截面，横截面是一个二维面域，如图 12-26 所示。

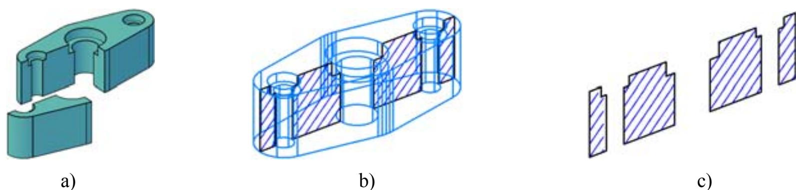


图 12-26 创建横截面举例

a) 原三维对象 b) 创建的横截面（填充了图案） c) 移出的横截面（填充了图案）

上图的横截面面域进行了图案填充。


注意

若填充横截面，应将用户坐标系 UCS 的 XY 平面与横截面对齐。

表示横截平面的新面域会置于当前图层上。

使用此方法创建横截面时无法使用活动截面功能。

“section”命令使用平面与三维对象（包括三维实体、曲面和网格）的交集创建二维横截面的面域对象。命令的输入方式有：

- 命令：section ↙

命令输入后提示：

选择对象：*选择要创建面域的三维对象*

……

选择对象：↙

指定截面上的第一个点，依照[对象(O)/Z 轴(Z)/视图(V)/XY(XY)/YZ(YZ)/ZX(ZX)/三点(3)]<三点>：*输入一点 或 直接回车，或 输入一个选项的关键字后回车*

上述各选项的作用是确定截平面的位置，其说明如下。

1.“指定截面上的第一个点（或‘三点’）”选项

该选项为默认选项，由 3 个点确定截面。注意三点不可共线。选择此选项后命令行提示：

指定平面上的第二个点：*输入截平面上的第二个点*

指定平面上的第三个点：*输入截平面上的第三个点*

三个点输入后，截平面位置确定，即可创建一个横截面的面域，可将其移出三维对象，如图 12-27 所示。

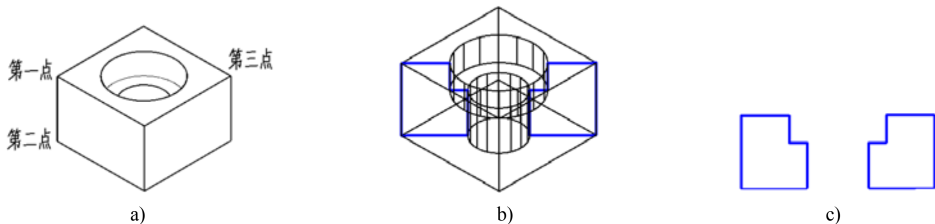


图 12-27　三点确定的截平面创建横截面

a) 选择三个点　b) 创建横截面的面域（未消隐）　c) 将面域移出三维对象

2.“对象（O）”选项

“对象（O）”选项的作用是将一个二维对象所在的平面作为截平面。这些二维对象包括圆、椭圆、圆弧、椭圆弧、二维样条曲线、二维多段线。选择此选项后提示：

选择圆、椭圆、圆弧、二维样条曲线或二维多段线：*选择一个二维对象*

图 12-28 是长轴与孔轴线倾斜，短轴与 AB 平行的椭圆所在的平面作为截平面所创建的一个横截面面域。

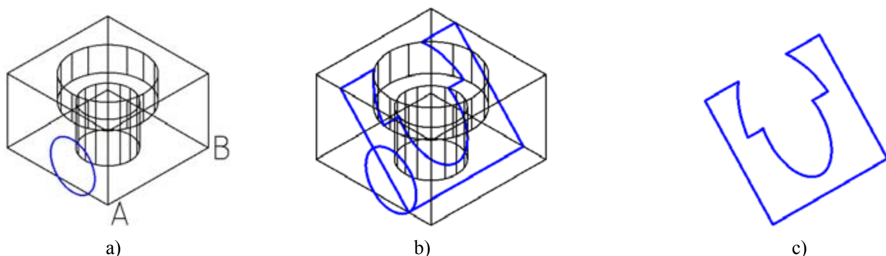


图 12-28　将二维对象所在的平面作为截平面创建横截面

a) 二维对象为椭圆　b) 创建截面　c) 将面域移出三维对象

3．“Z 轴（Z）”选项

此选项的作用是由截平面通过的一个点和截平面的垂直方向（即截平面的 Z 轴方向，也叫法线方向）确定切面。选择此选项后提示：

指定剖面上的点：*输入截平面要通过的点*

指定平面 Z 轴(法向)上的点：*输入截平面的 Z 轴（法向）上的一点*

图 12-29 是截平面通过顶面孔圆心，Z 轴上的一点为立体的左下角点所创建的一个横截面面域。

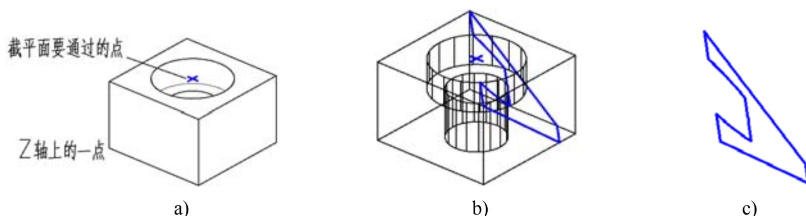


图 12-29　通过的一个点和截平面的垂直方向创建横截面

a) 截平面通过的点和 Z 轴上的一点　b) 创建截面　c) 将面域移出三维对象

4．“视图(V)”选项

此选项的作用是以通过一个指定的点，且与当前视口平行的平面作为截平面。选择此选项后提示：

指定当前视图平面上的点<0,0,0>：*输入截平面要通过的点*

图 12-30 是应用“视图(V)　”选项所创建的一个横截面面域。

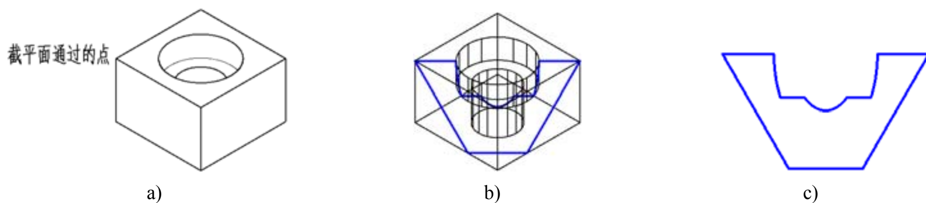


图 12-30　应用“视图(V)”选项所创建的横截面

a) 截平面通过的点　b) 创建截面　c) 将面域移出三维对象

5．“XY(XY)　”[“YZ(YZ)　”/“ZX(ZX)　”]选项

此选项的作用是通过一个指定的点，且与当前 UCS 的 XY 平面（YZ 平面/ZX 平面）平行的平面作为截平面。选择此选项后，AutoCAD 提示：

指定 XY（YZ/ZX）平面上的点 <0，0，0>：*输入截平面要通过的点*

图 12-31 是应用“XY(XY)　”选项所创建的一个横截面面域。

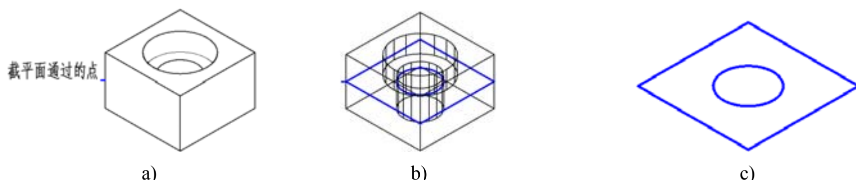


图 12-31　应用“XY(XY)”选项创建横截面

a) 截平面通过的点　b) 创建截面　c) 将面域移出三维对象

12.5 创建三维模型的展平二维视图

12.5.1 平面摄影概念

通过“flatshot”命令，在当前视图中，可以创建投影到 XY 平面上的三维模型（三维实体、曲面和网格）的展平二维视图——XY 平面上的二维图形对象。生成的二维图形对象可作为块插入，也可以另存为独立的图形。可以修改已作为块插入的二维图形对象，方法与修改任何其他二维几何体的方法相同，还可以分解此块以进行其他更改。

此过程如同拍摄整个三维模型的轮廓照片，然后将其展平到 XY 平面上一样，是一个平面摄影过程，如图 12-32 所示。此功能在创建技术图解时十分有用。



a) b)

图 12-32 创建投影到 XY 平面上的三维模型的展平二维视图

a) 三维对象 b) 三维对象的摄影（XY 平面上的二维立体图形对象）

仅可以在模型空间中执行平面摄影过程。“flatshot”命令会将模型空间视口中的所有三维对象进行平面摄影，因此，从设置所需视图（包括正交视图或平行视图）开始，将不想平面摄影的三维对象放置到处于关闭或冻结状态的图层上。

创建二维图形对象时，可以通过调整“平面摄影”对话框中的“前景线”和“暗显直线”设置来控制隐藏线的显示方式。要获取最佳网格对象，清除“暗显直线”下的“显示”框，以便不表示隐藏线。

对于已经创建截面对象的三维对象，即使活动截面被激活，仍会对其整体进行平面摄影。

利用“flatshot”命令的这一功能，可以很方便地创建三维对象的二维正交投影图或二维立体图形（如正等轴测图等）。方法是先建立三维对象，然后设置合适的 UCS，再用“flatshot”命令创建 XY 平面上的二维投影图或二维立体图。参看 12.5.3 节。

12.5.2 “flatshot”命令

在模型空间中，可由“flatshot”命令创建三维对象的展平二维视图。命令的输入方式是：

- 命令：flatshot ↙
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡、“实体”选项卡或“网格”选项卡→“截面”面板→“截面▼”下拉菜单→ 平面摄影

命令输入后打开“平面摄影”对话框，如图 12-33 所示。

1. “目标”栏

“目标”栏控制展平表示的创建位置。

“插入为新块”单选按钮：选中该按钮，指定将展平二维视图作为块插入当前图形中。



图 12-33 “平面摄影”对话框

“替换现有的块”单选按钮：选中该按钮，使用新创建的块替换图形中现有的块。此时，“选择块”按钮可用，如果没有选择块，会在下方警示“（未选定块）”。单击按钮，将暂时关闭对话框，命令提示：

选择要替换的块：*在图形中选择要替换的块*

完成块选择后，重新显示“平面摄影”对话框，按钮的下方显示“(已选定块)”。

“输出到文件”单选按钮：选中该按钮，将块保存到外部文件。此时，“文件名和路径”下拉列表框可用，可从下拉列表中选择路径，也可在其列表框中输入文件路径，或单击按钮[...]，打开“浏览图形文件”对话框，指定要保存块的文件名和路径。

2. “前景线”栏

“前景线”包含设置展平二维视图中可见线（即消隐后可见线）的颜色和线型的控件。

“颜色”下拉列表：设置展平二维视图中可见线的颜色。单击该下拉列表，从中选择颜色。如果列表中不包含要使用的颜色，单击“选择颜色”，打开“选择颜色”对话框从中选择。

“线型”下拉列表：设置展平二维视图中可见线的线型。单击该下拉列表，从中选择线型。如果列表中不包含要使用的线型，单击“其他”，打开“选择线型”对话框从中选择。

3. “暗显直线”栏

“暗显直线”栏控制图形中的暗显线（即被遮挡线）是否显示在展平二维视图中，并设置这些暗显线的颜色和线型。

“显示”复选框：控制是否在展平表示中显示暗显线。选中该复选框，展平二维视图将显示暗显线，如图 12-34 所示（请与图 12-32b 比较）。

“颜色”下拉列表：设置展平二维视图中暗显线的颜色。单击下拉列表，从中选择颜色。如果列表中不包含要使用的颜色，单击“选择颜色”，打开“选择颜色”对话框从中选择。

“线型”下拉列表：设置展平二维视图中暗显线的线型。单击下拉列表，从中选择线型。如果列表中不包含要使用的线型，单击“其他”，打开“选择线型”对话框从中选择。

4. “包括相切的边”复选框

选中该复选框，为曲面创建轮廓边，如图 12-35 所示（请与图 12-32b 比较）。

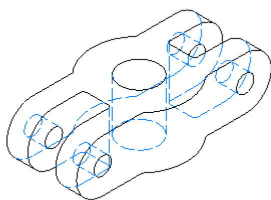


图 12-34　显示暗显线

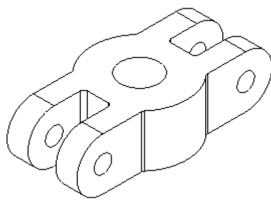


图 12-35　为曲面创建轮廓边

5. “创建”按钮

单击该按钮，开始创建展平二维视图。如果在“目标”栏选中的是“插入为新块(I) ”单选按钮，对话框暂时关闭，命令行出现“块插入”的提示：

```
单位: 毫米   转换: 1.0000
指定插入点或[基点(B)/比例(S)/X/Y/Z/旋转(R)]:
输入 X 比例因子，指定对角点，或[角点(C)/XYZ(XYZ)]<1>:
输入 Y 比例因子或<使用 X 比例因子>:
指定旋转角度<0>:
```

可按一般块插入时的回答方法回答上述提示，完成截面块的创建。

如果在“目标”栏选中的是“替换现有的块(R) ”单选按钮，将立即用新生成的展平二维视图替换图形中的现有展平二维视图。

如果在“目标”栏选中的是“输出到文件(E) ”单选按钮，将立即在选择的路径下创建展平二维视图的文件。

12.5.3 “flatshot”命令应用举例

利用“flatshot”命令可以很方便地创建三维对象的二维正交投影图或二维立体图形（如正等轴测图等）。步骤是：

1）先建立三维对象。

2）调整视图方向。

3）必要时设置合适的 UCS。

4）用“flatshot”命令创建 XY 平面上的二维投影图或二维立体图。

图 12-32a 的三维对象是显示在世界坐标系下且为“西南等轴测”模式的，下面以此为例，说明创建其二维投影图或二维立体图的过程。这里将二维视图作为块插入当前图形中，

即在“平面摄影”对话框中选中“目标”栏的“插入为新块”按钮。

1．获得三维对象的正交方向的二维视图

以图 12-32a 的三维对象的正交方向（以前、左、俯视方向为例）进行平面摄影：分别将三维对象的视图转换成“前视”、“左视”和“俯视”，使用“flatshot”命令进行平面摄影，分别得到二维图效果如图 12-36a 至图 12-36c 所示。

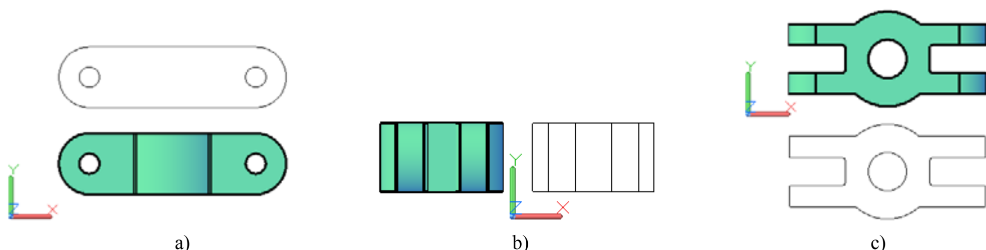


图 12-36 三维对象正交方向的平面摄影

a）“前视”的平面摄影 b）“左视”的平面摄影 c）“俯视”的平面摄影

如果要把三个视图放在同一平面，如图 12-37 所示，分别在两个视图中应用“copyclip”命令，复制二维图到剪贴板，然后在另一个视图中应用“pasteclip”命令，粘贴二维图，再用移动命令“move”，将三个图形对齐即可，效果如图 12-37 所示。要注意的是，复制和粘贴过程必须在 UCS 的 XY 平面中进行，因此，如果当前视图的观察方向不是 XY 平面，可使用用户坐标系命令“ucs”的“视图(V) ”选项，将当前视图的 X 轴和 Y 轴分别变为水平向右和垂直向上。

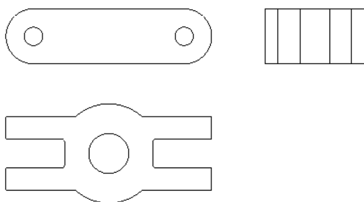


图 12-37 把三个视图放在在同一平面

2．获得三维对象的二维立体图

如果在世界坐标系下直接对三维对象用“flatshot”命令进行平面摄影，得到如图 12-38 的效果，这是因为“flatshot”命令是创建 XY 平面上的展平二维视图。如果要使平面摄影后的二维立体图形处于三维对象的西南等轴测图中（如图 12-39 所示）应先用“usc”命令的“视图(V) ”选项，将用户坐标系 UCS 的 XY 平面与当前视图平行（X 轴和 Y 轴分别变为水平向右和垂直向上），再进行平面摄影。

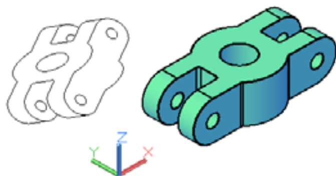


图 12-38 在世界坐标系下直接进行平面摄影

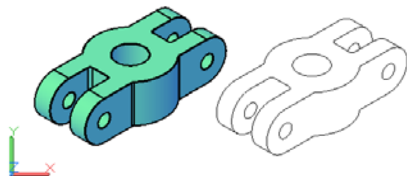


图 12-39 将 XY 平面与当前视图平行再进行平面摄影

12.6 创建线框模型

三维线框模型就是用直线和曲线表达的三维对象的边缘或骨架。尽管可以单独地绘制三

维线框模型的每一条空间直线或曲线，但这样的操作非常耗时费力。

可以先创建面域、三维实体、曲面和网格对象，然后使用“xedges”命令提取选定的对象或子对象上所有的边，从而得到二维线框模型或三维线框模型。

命令的输入方式是：

- 命令：xedges ↙
- 下拉菜单：修改(M) →三维操作(3) → 提取边(E)
- 功能区：三维建模空间的“实体”选项卡或“常用”选项卡→“实体编辑”面板→提取边

命令输入后提示：

选择对象：*选择三维实体、曲面、网格、面域或他们的子对象边、面*

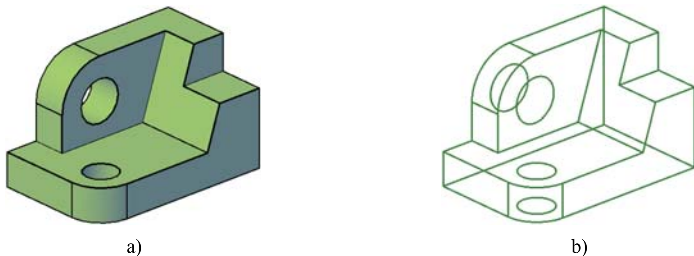
……

选择对象：↙

选择对象结束，提取边即完成，但线框与原对象重合在一起，需移动原对象将其分开。

要注意的是，对于三维对象，使用“xedges”命令提取其边形成的是空间线框模型，而非平面线框模型；使用命令“flatshot”进行平面摄影是得到的是二维平面图。此效果可通过动态观察命令查看。

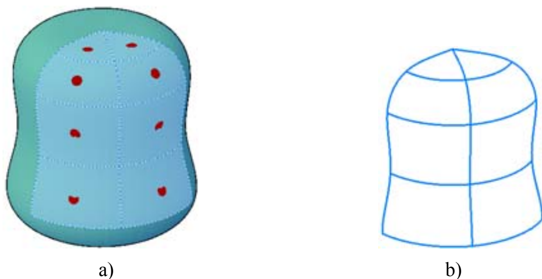
图 12-40 是提取实体的边的效果。图 12-41 是提取旋转网格对象（平滑度三级）的前面几个面的边的效果。



a) b)

图 12-40 提取实体的边

a) 原实体 b) 提取的边框



a) b)

图 12-41 提取网格子对象的边

a) 选中网格对象的面 b) 提取的面边框



第 13 章　视点、视图、视觉样式

对于三维实体，只有观察视角和图形设置合适时，才能达到观察效果。本章讨论相关的视点、视图及视觉样式命令。

13.1　视点命令

“vpoint”命令用于设置当前的视点。视点就是观察者在某个位置上观察图形，就好像从空间中的某一个点向原点 (0，0，0) 方向观察的方式。“vpoint”命令不能用在图纸空间中。

命令的输入方式有：

- 命令：vpoint ↙
- 下拉菜单：视图(V)→三维视图(D) →视点(V)

命令输入后的主提示为：

当前视图方向：*VIEWDIR=0.0000，0.0000，1.0000*

指定视点或 [旋转(R)] <显示坐标球和三轴架>: *（输入新视点 或 输入“R”回车 或 直接回车）*

主提示的三个选项说明如下。

1．指定视点

对主提示从键盘上输入 X、Y、Z 坐标值后回车，这是创建观察视图的方向矢量。坐标值就是视点的位置，方向矢量是观察者在该点向原点 (0，0，0)（系统默认是世界坐标系的原点）方向观察，如图 13-1 所示。例如，将视点设为（1，1，1)，屏幕上显示的视图，就是视线在 XY 平面上的投影与 X 轴的夹角为 45°，视点在 XY 平面上方 35.264°处观察原点（0，0，0）的结果。当然，视点可以设在任意（X、Y、Z）坐标值处。

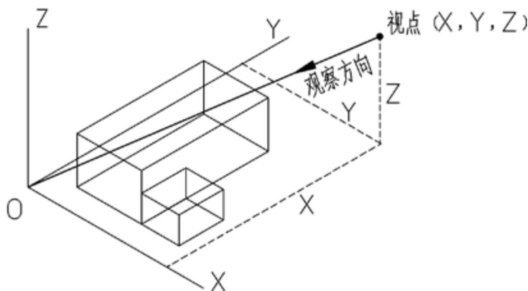
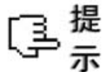


图 13-1　视点和观察方向



提示　当系统变量“WORLDVIEW”值为 1 时，在执行“vpoint”命令时，用户坐标系 UCS 转换为世界坐标系 WCS，方向矢量由视点指向世界坐标系的原点；当“WORLDVIEW”值为 0 时，在执行“vpoint”命令时 UCS 保持不变；方向矢量由视点指向用户坐标系的原点。

2. 旋转(R)

该选项的作用是以两个角度的方式确定观察方向，如图 13-2 所示。第一个角度是视点与坐标原点的连线（即观察方向）在 XY 平面上的投影与 X 轴的夹角；第二个角度是观察方向与 XY 平面的夹角。这时的提示为：

输入 XY 平面中与 X 轴的夹角<当前值>: *输入 XY 平面上与 X 轴的夹角*

输入与 XY 平面的夹角<当前值>: *输入与 XY 平面的夹角*

角度确定后，图形将重新生成，显示出从新视点位置观察到的三维图形。

3．显示坐标球和三轴架

对主提示直接回车选择此选项，这时将在屏幕上显示一个罗盘形状的标志和三轴架，如图 13-3 所示。利用罗盘和三轴架确定视点。

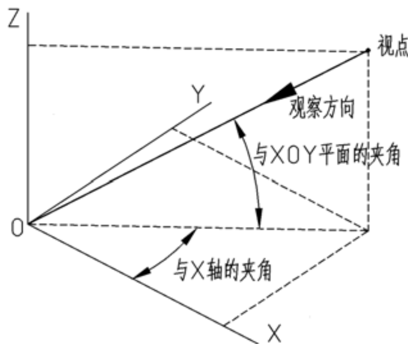


图 13-2 “旋转（R）”选项

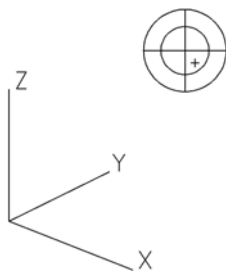


图 13-3 “vpoint”命令的“<显示坐标球和三轴架>”选项

在图 13-3 中，位于屏幕右上方的罗盘是球体的二维表示。中心点代表（0，0，Z），相当于视点在 Z 轴上。内圆上的坐标是（X，Y，0），外圆上的坐标是（0，0，–Z）。小十字（+）显示在罗盘上。移动鼠标即移动小十字。如果小十字是在内圆里，从 XY 平面上方向下观察模型；如果十字是在外圆里，则从 XY 平面下方观察。移动小十字光标时，三轴架根据坐标球指示的观察方向旋转。要选择观察方向，将鼠标移动到球体上的某个位置单击即可。


注意

用“vpoint”命令生成的观察方向与距离无关，也就是说，在视点与原点连线及其延长线任选一点作为视点，其观察效果都是一样的；并且这种投影为平行投影，而不是透视投影，其投影方向为视点与坐标原点的连线方向。

一旦用“vpoint”命令设置一个视点后，此视点一直会保持到重新用“vpoint”命令改变它为止。但用户也可以使用“zoom”命令的“缩放一个”选项来恢复到前一个视点。

三维绘图中最常用的特殊视点见 1.1.2 节。

13.2 视点预设命令

“ddvpoint”命令的作用是使用对话框来设置观察方向。命令的输入方式有：

- 命令：ddvpoint ↙
- 下拉菜单：视图(V) →三维视图(D) →视点预设（I）…

命令输入后将显示“视点预设”对话框，如图 13-4 所示。

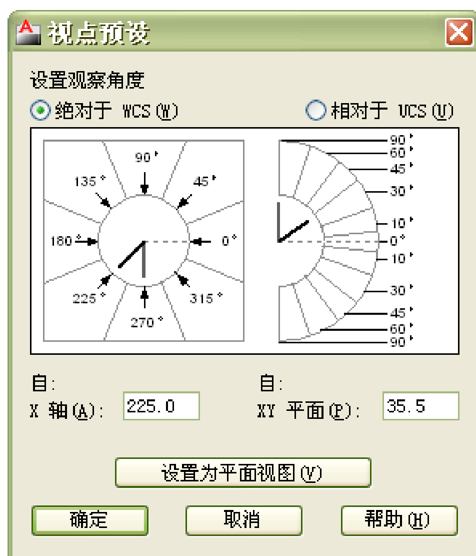


图 13-4 “视点预设”对话框

确定观察方向时，需要确定观察方向相对于当前的 UCS 还是 WCS，AutoCAD 默认参照 WCS 而不是当前的 UCS。实际绘图时如果需要也可以参照当前的 UCS，只要选中“相对于 UCS”即可。

在“视点预设”对话框中，观察方向可在文本框中输入：在“自：X 轴（A）”中输入观察方向在 XY 平面上的投影与 X 轴的夹角，在“自：XY 平面（P）”中输入观察方向与 XY 平面的夹角，然后单击“确定”按钮。这等同于使用“vpoint”命令的“旋转(R)”选项。

也可以在对话框的样例图像上单击鼠标左键直接指定观察角度。黑针指示新角度，灰针指示当前角度。左边的矩形框是观察方向在 XY 平面上的投影与 X 轴的夹角，在圆内单击可以输入任意角度，在圆和矩形之间单击输入整角度值；右边半圆框是观察方向与 XY 平面的夹角，在小半圆弧内单击可以输入任意角度，在两圆弧之间单击输入整角度值。

选中“设为平面视图”按钮，屏幕将显示相对于所选坐标系的 XY 平面图形。

13.3 相机命令

13.3.1 相机概念

相机命令的作用是在模型空间中模拟照相机的效果，通过在图形中放置相机来定义三维视图。

有关相机的术语说明如下。

相机的位置：要观察三维模型的起点，相机轮廓所在点。

目标：相机对准三维模型时，要观察的点（即视野的中心点）。

焦距（即镜头的长度）：相机镜头的缩放比例。焦距越大，视野越窄。

剪裁平面：所谓“剪裁”，其作用是使用一个平面（称为“剪裁平面”）来隐藏部分对

象，以便于观察内部对象，或者使一些复杂对象看得更清楚些。裁剪平面是一个不可见的平面。裁剪平面垂直于相机与目标之间的连线并可插入到任何位置中。

剪裁平面是定义（或剪裁）了视图的边界。分前向和后向剪裁平面。在相机视图中，如果进行前向裁剪，将隐藏相机与前向剪裁平面之间的所有对象；如果进行后向裁剪，将隐藏后向剪裁平面与目标之间的所有对象。

默认情况下，已保存相机的名称为“相机 1”、“相机 2”等。可以重命名相机以更好地描述相机视图。

系统变量“CAMERADISPLAY”的值为 1 时在图形中打开相机，为 0 时关闭相机。

13.3.2 创建相机

命令的输入方式有：

- 命令：camera ↙
- 工具栏：视图→创建相机(T)
- 下拉菜单：视图(V) →创建相机；三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“相机”面板→创建相机

命令输入后提示：

前相机设置：*高度=<当前>焦距=<当前>*

指定相机位置：*输入 X、Y、Z 坐标值 或 用鼠标指定点*

指定目标位置：*输入 X、Y、Z 坐标值 或 用鼠标指定点 （目标位置最好是对象上的点，可利用对象捕捉获取对象上的点）*

指定点后接下来提示：

输入选项 [?/名称(N)/位置(LO)/高度(H)/目标(T)/镜头(LE)/剪裁(C)/视图(V)/退出(X)] <退出>：*输入关键字回车 或 直接回车退出相机创建*

此提示为主提示，其各选项意义如下：

1．?

以“？”响应主提示，将列出当前已定义相机的列表。接下来提示：

输入要列出的相机名称 <*>：*输入相机名称 或 按回车键列出所有相机*

2．名称(N)

以“N”响应主提示，将给新创建的相机命名。接下来提示：

输入新相机的名称 <相机×>：*输入新相机的名称*

3．位置(LO)

此选项的作用是指定新相机的位置。接下来提示：

指定相机位置<当前>：*输入 X、Y、Z 坐标值 或 用鼠标指定点*

4．高度(H)

此选项的作用是更改相机高度。接下来提示：

指定相机高度<当前>：*输入高度值*

5．目标

此选项的作用是指定相机所对准的目标。接下来提示：

指定目标位置<当前>：*输入 X、Y、Z 坐标值 或 用鼠标指定点*

6. 镜头(LE)

此选项的作用是更改相机的焦距。接下来提示：

以毫米为单位指定焦距 <当前>: *输入焦距值*

7. 剪裁(C)

此选项的作用是确定是否启用前后剪裁平面，如果启用前后剪裁平面则应设置他们的值。接下来提示：

是否启用前向剪裁平面? [是(Y)/否(N)] <否>: *输入 "Y"、 "N" 之一回车 或 直接回车*

如果输入"Y"回车，接下来提示：

指定从目标平面的前向剪裁平面偏移<当前>: *输入偏移值*

是否启用后向剪裁平面? [是(Y)/否(N)] <否>: *输入 "Y"、 "N" 之一回车 或 直接回车*

如果输入"Y"回车，接下来提示：

指定从目标平面的后向剪裁平面偏移<当前>: *输入偏移值*

8. 视图(V)

此选项的作用是将屏幕切换到当前的相机视图以匹配相机设置。接下来提示：

是否切换到相机视图? [是(Y)/否(N)] <否>: *输入 "Y"、 "N" 之一回车 或 直接回车*

如果输入"Y"回车，命令即刻结束，屏幕显示当前的相机视图。

9. 退出(X)

此选项的作用是退出相机命令。

13.3.3 相机特性的修改

相机一旦创建，"视图管理器"（"view"命令，参看 13.4 节）会列出图形中现有的相机以及其他命名视图。

打开"选项"对话框（"options"命令），在"草图"选项卡中，单击"相机轮廓设置(A) "按钮，打开"相机轮廓外观"对话框，可设置相机的轮廓颜色和尺寸。

系统变量"CAMERADISPLAY"用于控制屏幕上是否显示相机轮廓："CAMERADISPLAY"的值为 1 时，显示相机轮廓；"CAMERADISPLAY"的值为 0 时，不显示相机轮廓。可在命令行改变"CAMERADISPLAY"的值；也可在三维建模工作空间的"渲染"选项卡的"相机"面板上单击按钮 显示相机 。

如果要预览相机视图或修改相机特性，选中相机，将打开如图 13-5 所示的"相机预览"对话框，显示相机视图的预览。可从"视觉样式"下拉列表中选择预览的视觉样式，有"X 射线"、……、"真实"等九种样式。如果去掉复选框"编辑相机时显示该窗口"中的"✓"，选中相机时，将不再显示"相机预览"对话框。

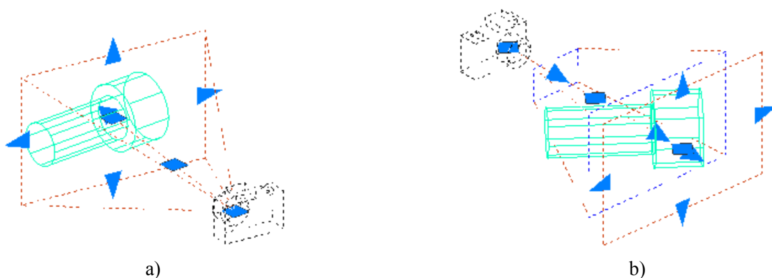


图 13-5 "相机预览"对话框

修改相机特性的方法有两种：夹点方法和"特性"选项板方法。

1）夹点方法：单击相机，相机及其视野线上将出现相关夹点（如图 13-6 所示），他们的名称分别是：相机位置、相机和目标位置、目标位置、目标距离、焦距/FOV、前向裁剪

平面、后向裁剪平面。只要将光标在夹点上停顿一下，就会显示夹点名称。



a)　　　　　　　　b)

图 13-6　相机及其视野线上的夹点

a) 关闭前、后向裁剪平面夹点　b) 启用前、后向裁剪平面夹点

单击“相机位置”夹点使其成为热点，移动光标，可调整相机的位置，但目标点不变。

单击“目标位置”夹点使其成为热点，移动光标，可调整目标点位置，但相机位置不变。

单击“相机和目标位置”夹点使其成为热点，移动光标，相机及其视野线的位置都将改变。

单击“目标距离”夹点使其成为热点，移动光标，可沿相机方向调整目标点位置。

单击“焦距 FOV”夹点使其成为热点，移动光标，可调整焦距或视野的大小。

单击“前向裁剪平面”夹点使其成为热点，移动光标，可调整前向裁剪平面的位置，但相机、目标点不变。

单击“后向裁剪平面”夹点使其成为热点，移动光标，可调整后向裁剪平面的位置，但相机、目标点不变。

在动态输入工具栏启用时，当把相机的相关夹点变为热点时，也可以在动态输入工具栏的提示中直接输入 X、Y、Z 坐标值。

2）“特性”选项板方法：选中相机，打开“特性”选项板；或者打开“特性”选项板，再选中相机，“特性”选项板成为“相机”特性选项板，如图 13-7 所示。



图 13-7　“相机”特性选项板

在“相机”特性选项板中，可以重命名相机，改变相机（或目标点）位置坐标，修改相机焦距（镜头长度）、视野，更改其前向和后向剪裁平面等。

13.4 三维动态视图命令

13.4.1 视图投影模式

AutoCAD 可使用两种不同的视图投影，透视投影模式和平行投影模式。透视投影视图基于理论相机与目标点之间的距离进行计算，相机和目标点之间的较小距离产生明显的透视效果，较大的距离产生轻微的效果。平行投影也称为正投影，平行投影视图把模型中所有点平行地投影到屏幕上，即无论模型距相机有多远，模型的所有边都显示为相同的大小，因此在平行投影模式下使用模型会更容易。

但是平行投影模式并非用户通常在现实世界中观看对象的方式。现实世界中的对象是以透视投影呈现的。因此，当用户要生成模型的渲染或隐藏线视图时，使用透视投影可以使模型看起来更真实。

三维模型如图 13-8a 所示，图 13-8b 和图 13-8c 显示了从相同的方向查看相同的模型时，平行投影视图与透视投影视图不同的显示效果。

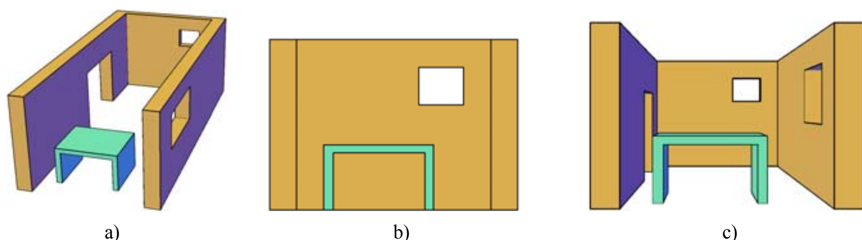


图 13-8 平行投影视图与透视投影视图的不同

a) 三维模型 b) 前面平行投影 c) 前面透视投影

13.4.2 三维动态视图命令

三维动态视图命令“dview”使用模拟照相机的工作方式。有一个相机（即用户所在位置）和一个目标点（即正在注视的点）。通过这两个点的改变，可以改变视图的观测方向、创建远景或近景视图，创建平行投影视图或透视投影视图。

命令的输入方式：

- 命令：dview ↙

命令输入后提示：

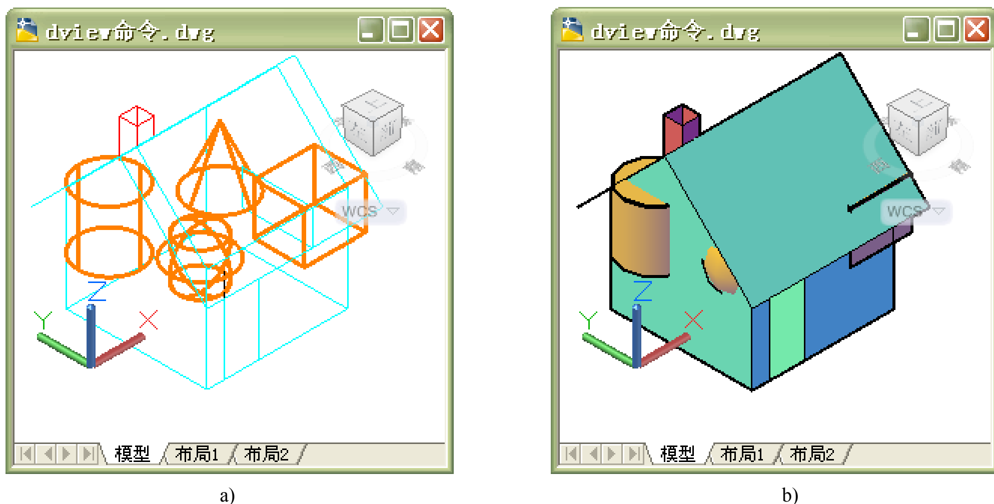
选择对象或 <使用 DVIEWBLOCK>: *直接回车 或 用任何一种选择对象的方式选择三维对象（选择太多的对象会使图像拖动和更新变慢）*

如果直接回车，将在模型的中心显示一个块名为“DVIEWBLOC”的小房子，如图 13-9 所示，可以使用这个小房子块来设置视图。同时命令提示区出现主提示：

输入选项[相机(CA)/目标(TA)/距离(D)/点(PO)/平移(PA)/缩放(Z)/扭曲(TW)/剪裁(CL)/隐藏(H)/关(O)/放弃

(U)]: *用鼠标在屏幕上指定一点 或 输入一选项关键字回车 或 直接回车结束命令*

如果对“选择对象或<使用 DVIEWBLOCK>:”选择三维对象，该提示重复出现。选择结束后回车，将出现主提示。



a) b)

图 13-9 “DVIEWBLOCK”块

a) 在“三维线框”视觉样式 b) 在“概念”视觉样式

首先注意，对主提示的任一种选项回答完成后，主提示重复出现，要结束命令，对其直接回车。下面讨论对主提示的回答方式：

1．对主提示在屏幕上单击鼠标左键指定一点

此选项的作用是通过变动相机位置来改变视图。指定点后移动鼠标，三维模型的视图将动态改变，这是观察方向围绕目标点而改变，即鼠标指定的点是动态改变的起点。此时命令行提示：

输入方向和幅值角度: *用鼠标在屏幕上指定一点 或 输入用逗号分开的两个角度*

若用鼠标在屏幕上指定一点，相机位置固定，视图确定。若是输入用逗号分开的两个角度，角度值应是 0°～360°之间的正值角。方向角指示视图的前方，而幅值角确定查看的距离。

2．相机(CA)

对主提示输入“CA”回车，将围绕目标点，设置新的相机位置，由两个角度决定新的相机位置（即观察者的位置）。一个角度是相机到目标点的连线与 XY 平面的夹角（用∠1 表示），90º 角意味着俯视，–90º 角意味着仰视，0º 角意味着相机与用户坐标系(UCS)的 XY 平面平行；另一个是连线在 XY 平面上的投影与 X 轴的夹角（用∠2 表示），此角度范围为-180º～180º，零旋转角度意味着沿当前 UCS 的 X 轴朝原点方向看。这与前面介绍的“ddvpoint”命令指定的两个角度一样。图 13-10 显示了不同的∠1 和∠2 其三维视图不同（选择对象时选择图中的目标点）。接下来是输入∠1 的提示：

指定相机位置，输入与 XY 平面的角度，或[切换角度单位(T)]< 当前值>: *用鼠标在屏幕上指定一点，或输入一个角度回车，或输入“T”回车*

对于该提示，如果此时在图形区域移动光标，光标将带动三维模型改变方向和位置，在

屏幕上单击鼠标左键指定一点，∠1 和∠2 确定，即相机位置确定，从而三维模型的视图确定。返回主提示。如果输入一个角度回车或输入“T”回车，都会出现以下输入∠2 的提示。但输入“T”回车将切换到先输入∠2，再输入∠1。输入∠2 的提示为：

指定相机位置，输入在 XY 平面上与 X 轴的角度，或[切换角度起点(T)]< 当前值>: *用鼠标在屏幕上指定一点，或输入一个角度回车，或输入“T”回车*

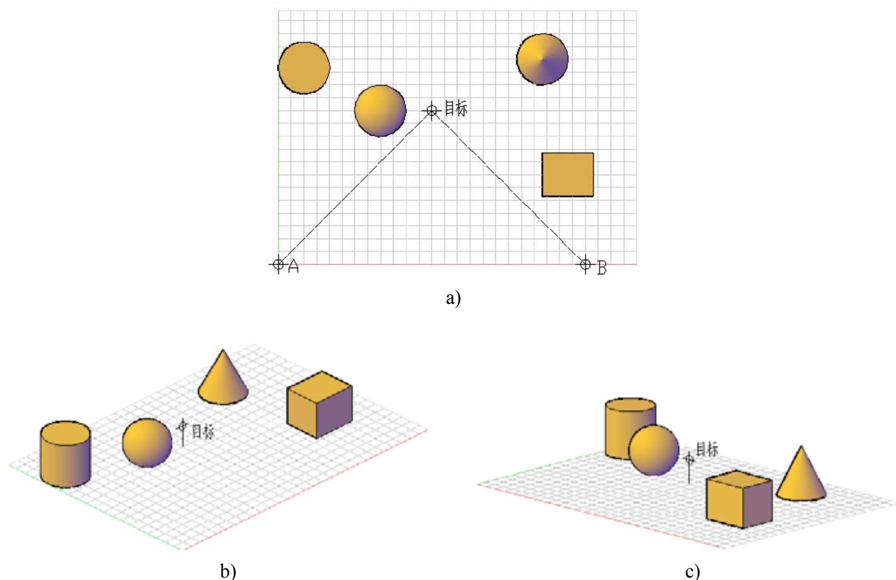


图 13-10 相机位置不同三维视图不同

a) 平面视图 b) ∠1=30º∠2=-135º（相机位于 A 点） c) ∠1=15º∠2=- 45º（相机位于 B 点）

对于输入∠2 的提示回答，视对输入∠1 的提示回答方式的不同分为以下两类情形：

1）如果对输入∠1 的提示是用输入角度回答的，回答分三种情况：

① 在图形区域移动光标，三维模型只能在 XY 平面上转动，而不能再任意改变方向和位置，因为∠1 已经确定。在屏幕上单击鼠标左键指定一点，相机位置确定，三维模型的视图确定，返回主提示。

② 输入一个角度，此时∠1 和∠2 确定，返回主提示。

③ 输入“T”回车，返回输入∠1 的提示，重新确定∠1。

2）如果对输入∠1 的提示是用输入“T”回车回答的，回答分三种情况：

① 此时在图形区域移动光标，光标将带动三维模型改变方向和位置，因为∠1 和∠2 还没有确定。在屏幕上单击鼠标左键指定一点，∠1、∠2 确定，相机位置确定，返回主提示。

② 输入一个角度回车，将首先确定∠2。接下来重新出现输入∠1 的提示，这时在图形区域移动鼠标，三维模型只能上下转动，而不能再在 XY 平面上转动。此时对输入∠1 的提示或输入角度回车，或在屏幕上单击鼠标左键指定一点，相机位置确定，返回主提示。

③ 对于该提示，输入“T”回车，返回输入∠1 的提示。

3. 目标(TA)

对主提示输入“TA”回车，将使相机位置保持不变，但相机旋转指向新的目标位置。这种效果就像是转动头部（同时可仰头或低头）以便从有利位置观看图形的不同部分。旋转

的量由两个角度决定。一个角度是相机到目标点的连线与 XY 平面的夹角（用∠α表示），–90º 角意味着俯视，90º 角意味仰视，0º 角意味着相机与用户坐标系（UCS）的 XY 平面平行；另一个是连线在 XY 平面上的投影与 X 轴的夹角（用∠β表示），此角度范围为–180º～180º，零旋转角度意味着沿当前 UCS 的 X 轴朝原点方向看。图 13-11 显示了在不同的∠α和∠β下其三维视图不同。接下来是输入∠α和∠β的提示：

指定相机位置，输入与 XY 平面的角度，或[切换角度单位(T)]<当前值>:

指定相机位置，输入在 XY 平面上与 X 轴的角度，或[切换角度起点(T)] <当前值>:

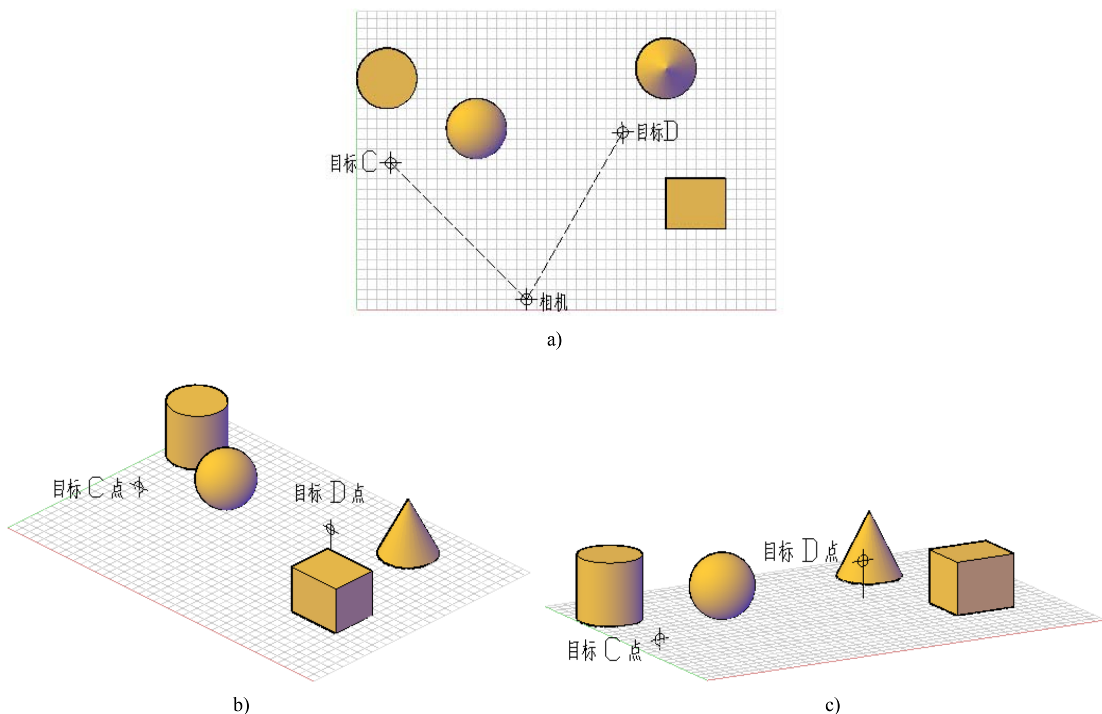


图 13-11　目标点不同三维视图不同

a) 平面视图　b) ∠α=–30º∠β=135º（目标 C 点）　c) ∠α=–15º∠β=60º（目标 D 点）

对这两个提示的回答过程与前面对“相机(CA) ”选项的回答方式一样，不再叙述。

4．距离(D)

对主提示输入“D”回车，将相对于目标沿着当前视线移近或移远相机。此选项打开透视视图，这使距离相机远的对象看起来比距离相机近的对象小。接下来的提示为：

指定新的相机目标距离<当前距离>: *左右移动绘图区域顶部的滑块到合适的位置单击或 输入距离回车或 直接回车*

一旦对主提示输入“D”回车，绘图区域顶部将出现滑动条（如图 13-12 所示），标记从 0×到 16×，1×代表当前距离。向右移动鼠标，滑块右移，增加相机和目标之间的距离；向左移动则减小距离，如果只能看见很少部分或者看不见图形，尝试使用最大比例值(16×)。

若输入距离回车，距离越大，三维物体越小；距离越小，三维物体越大。如果只能看见很少部分或者看不见图形，可尝试输入较大距离值。

若直接回车，按“<当前距离>”确定距离。

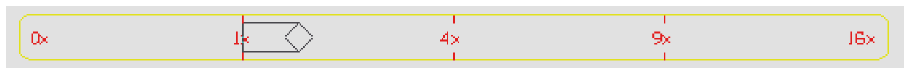


图 13-12　绘图区域顶部的滑动条



5．点(PO)

对主提示输入“PO”回车，将使用 X、Y、Z 坐标定位相机和目标点，新视线观察方向从相机指向目标点。为了帮助用户相对目标来放置相机，光标橡皮筋连接当前目标点，如果用光标确定相机位置，橡皮筋就是相机到目标点的视线，非常形象。接下来的提示为：

指定目标点<X 当前值，Y 当前值，Z 当前值>：*输入目标点坐标值 或 单击鼠标左键确定一点*

指定相机点<X 当前值，Y 当前值，Z 当前值>：*输入相机坐标值 或 单击鼠标左键确定一点*

从键盘输入目标点或相机位置坐标时，可以使用空间直角坐标、柱面坐标或球面坐标，也可以使用点的坐标过滤器。在确定新的标高点时，可先考虑应用标高命令“elev”。

在用光标确定目标点或相机位置时，如果需要选择点，可先选择一个明显可见的点样式。在拾取点时，可考虑选择采用合适的对象捕捉模式。

6．平移(PA)

对主提示输入“PA”回车，将不改变视图放大比例而移动图像。接下来的提示为：

指定位移基点：*输入基点坐标 或 在合适位置单击鼠标左键确定基点*

指定第二个点：*输入第二点坐标 或 移动鼠标到合适位置单击鼠标左键确定第二点*

指定基点后，视图将随光标的移动而移动。单击鼠标左键指定点更方便一些。

7．缩放(Z)

对主提示输入“Z”回车，会在绘图区域顶部出现滑动条（如图 13-12 所示），左右移动光标，滑块随之左右移动。分两种情形：

1）如果当前视图是平行投影模式（透视视图是关闭的），可在当前视口中动态地增大或缩小对象的外观尺寸。此时命令行提示为：

指定缩放比例因子<当前>：*输入比例值回车 或 直接回车不改变比例 或左右移动光标到合适位置单击*

若输入比例值回车，大于 1 放大，小于 1 缩小。

若左右移动光标，绘图区域顶部的滑动条标记为“1×”代表当前比例；向右移动滑块增加比例，向左移动则减小比例。

2）如果当前视图是透视投影模式，此时“缩放”选项的作用是调整相机焦距。命令行提示为：

指定焦距 <50.000mm>：*输入焦距值回车 或 直接回车不改变 或左右移动光标到合适位置单击*

如果输入焦距值回车，在给定相机和目标距离的情况下，将会改变视野从而改变所能看到的图形的范围。默认焦距为 50mm，可模拟用 35mm 相机和 50mm 镜头看到的景象。增加焦距相当于换用远距镜头。而减小焦距会增大视野，相当于使用广角镜头。

绘图区域顶部的滑动条标记为“1×”代表当前焦距。向右移动滑块将增加焦距。向左移动则减小焦距。

8．扭曲(TW)

此选项的作用是绕当前视图的中心点扭转或倾斜视图。按逆时针方向测量扭曲角度，0° 角在右侧。命令行提示为：

指定视图扭曲角度 <当前>: *输入角度值回车 或 直接回车不改变扭曲角度 或移动光标到合适位置单击*

9．剪裁(CL)

此选项的作用是剪裁视图，用前向剪裁平面和后向剪裁平面遮掩部分图形，即前向剪裁平面之前或后向剪裁平面之后的图形部分将不再显示。命令行的剪裁选项提示为：

输入剪裁选项[后向(B)/前向(F)/关(O)]<关>: *输入选项关键字回车 或 直接回车关闭（不使用）前向剪裁和后向剪裁*

1）若输入"B"回车，将设置后向裁剪平面，遮掩后向剪裁平面之后的对象。接下来提示：

指定与目标的距离或 [开(ON)/关(OFF)] <当前距离>: *输入距离值回车 或 输入"ON"或"OFF"之一回车 或 直接回车不改变当前距离*

如果输入距离值回车，将设置后向剪裁平面并打开后向剪裁。由于裁剪平面总是垂直于当前视线，因此只需设置其与目标点的距离。正距离表示剪裁平面在目标和相机之间。负距离表示剪裁平面在目标之外。可以左右移动绘图区域顶部的滑动条上的滑块来设置剪裁平面。

如果输入"ON"回车，将按当前剪裁距离打开后向剪裁。

如果输入"OFF"回车，将关闭后向剪裁。

2）若输入"F"回车，将设置前向裁剪平面，遮掩前向剪裁平面和相机之间的对象。如果是平行投影模式，接下来提示：

指定与目标的距离或[设置为镜头(E)/开(ON)/关(OFF)]<当前距离>: *输入距离回车 或 输入选项关键字之一回车 或 直接回车不改变当前距离*

如果是透视投影模式，接下来提示：

指定与目标的距离或[设置为镜头(E)]<当前距离>: *输入距离回车 或 输入"E"回车 或 直接回车不改变当前距离*

如果输入距离回车，将设置前向剪裁平面并打开前向剪裁。正距离表示剪裁平面在目标和相机之间。负距离表示剪裁平面在目标之外。可以左右移动绘图区域顶部的滑动条上的滑块来设置剪裁平面。

如果输入"E"回车，将在相机的位置放置前向剪裁平面。

如果输入"OFF"回车，将关闭后向剪裁。

如果输入"ON"回车，将按当前剪裁距离打开后向剪裁。

3）若输入"O"回车，将关闭（即取消）前向剪裁和后向剪裁。

10．隐藏(H)

此选项的作用是消除选定对象上的隐藏线以增强可视性。将圆、实体、宽线、面域、宽多段线线段、三维面、多边形网格和厚度非零的对象的拉伸边视为可以隐藏对象的不透明表面。这种隐藏线消除方式比消隐命令"hide"的消隐速度快，但不能打印输出。

如果当前三维模型处于三维线框状态（即使用命令"vscurrent"的"线框(W)"选项），无论开始"dview"命令后选择几个对象，均可将图形中的所有三维物体都消隐，且"dview"命令结束后图形仍将显示消隐状态。

如果当前三维模型处于二维线框状态（即使用命令"vscurrent"的"二维线框(2)"选项），在开始"dview"命令后，选择几个对象，图形中将显示几个对象。在使用了"dview"命令的"隐藏(H)"选项后，图形中显示的几个对象将消隐，一旦"dview"命令结束，图形仍回复到二维线框状态。

11．关(O)

关闭透视视图。使用“距离(D)”选项可以打开透视视图。

12．放弃(U)

取消上一“dview”操作的结果。可以放弃多个“dview”操作。




注意　在“dview”中，透明“zoom”、“dsviewer”和“pan”命令以及滚动条不可用。

13.5　视图命令

命名视图的作用就是给特定的画面命名、存储，一旦需要，随时可切换到该画面，以观察模型。

命名视图包括模型视图（在模型空间用“view”命令创建）、相机视图（在模型空间用“camera”命令创建）、布局视图（在图纸空间用“view”命令创建），预设视图（AutoCAD 已定义的 6 个标准视图和 4 个轴测视图）。

使用视图命令“view”，可以创建、保存、删除和恢复命名视图。

命令的输入方式有：

- 命令行：view ↙
- 工具栏：视图
- 下拉菜单：视图(V) →命名视图(N)
- 功能区：三维建模工作空间→“视图”选项卡→“视图”面板→命名视图

命令输入后，AutoCAD 将显示如图 13-13 所示的“视图管理器”对话框。



图 13-13　“视图管理器”对话框

13.5.1 “视图管理器”对话框

1．“查看(V) ”视图列表

其作用是显示可用视图的列表。

（1）当前

选中“当前”，其右侧特性面板显示当前视图的“视图”特性和“剪裁”特性。

（2）模型视图

模型视图是在模型空间创建的视图，包括“命名视图”和“相机视图”。

如果选中“模型视图”，其右侧特性面板将显示模型视图的信息。

如果用户建立了自己的模型视图，其前面也会出现图标⊞，也可像预设视图那样将其展开并应用其视图。

如果选中一个用户创建的视图，其右侧特性面板显示该视图的“常规”、“动画”、“视图”和“剪裁”特性。

（3）布局视图

布局视图是在图纸空间（即在绘图区的“布局”选项卡下）创建的视图。

如果选中“布局视图”，其右侧特性面板显示布局视图的信息。

如果用户建立了自己的布局视图，其前面也会出现图标⊞，也可像预设视图那样将其展开并应用其视图。如果选中用户自己创建的视图，其右侧特性面板显示该视图的“常规”、“动画”和“视图”特性。

（4）预设视图

预设视图包括 AutoCAD 已经命名的 6 个标准正交视图和 4 个轴测视图。

如果选中“预设视图”，其右侧特性面板显示预设视图的信息。

单击“预设视图”前面的图标⊞变成⊟，或者双击图标，将展开 6 个标准平面视图和 4 个轴测视图。选中一个视图，单击“置为当前”按钮，如果单击“确定”按钮，所观察的模型按该视图显示（这与“视图”工具栏中的按钮的使用效果一样）；如果单击“应用”按钮，所观察的模型按该视图显示，但“视图管理器”对话框不关闭。

2．特性面板

视图列表的右侧是特性面板，特性面板可能包括“常规”、“动画”、“视图”和“裁剪”栏。每一栏的左格是项目名称，右格是项目的取值或状态。如果项目的取值或状态可更改，单击右格，右格成为可输入文字的文本框，从而可更改文字，或者成为下拉列表，从下拉列表中选择取值或状态。

随用户在视图列表中选中视图的不同，特性面板中的栏数会有不同，栏中内容也会不同。

（1）“常规”栏

以下特性适用于特性面板的“常规”部分中的视图。

名称：显示选定的相机视图、模型视图或布局视图的名称。用户可以在其右格更改视图名称。

分类：适用于模型视图和布局视图。显示在与选定视图相关联的图形或图纸集中定义的视图类别（例如，标高或截面和细节）。单击右格，可从下拉列表中选择类别。

视口关联：仅适用于布局视图，显示命名视图是否与图纸集中某个图纸上的视口关联。

UCS：适用于模型视图和布局视图。显示与命名视图一起保存的用户坐标系的名称。单击右格，可从下拉列表中选择坐标系。

恢复正交 UCS：对于预设视图，在正交视图为当前视图时恢复关联的 UCS。单击右格，可从下拉列表中选择“是”或“否”。此选项的作用是设置“UCSORTHO”系统变量。



设定相对于：对于预设视图，指定用于定义正交视图的基本坐标系。单击右格，可从下拉列表中选择坐标系。系统变量控制正交 UCS 相对于 WCS 或命名 UCS 的方向。修改此设置也会改变预定义的正交 UCS 的方向。

图层快照：适用于模型视图和布局视图，指定是否将当前图层的开/关设置与选定的视图一起存储。单击右格，可从下拉列表中选择“是”或“否”。

注释比例：指定与视图一起保存的注释比例。

视觉样式：仅适用于模型视图，指定要与视图一起保存的视觉样式。如果选择“无”，将没有视觉样式与视图关联。单击右格，可从下拉列表中选择视觉样式。

背景替代：适用于视觉样式未设置为“二维线框”的模型视图，指定应用于选定视图的背景替代。单击右格，如果从下拉列表中选择“纯色”、“渐变色”、“图像”、“阳光与天光”或“编辑”，会打开“背景”（或“调整阳光与天光背景”）对话框，从中设置背景。关于“背景”（或“调整阳光与天光背景”）对话框，请参看 16.9.3 节。

活动截面：仅适用于模型视图，显示恢复视图时应用的活动截面。有关活动截面的详细信息，请参看第 12 章。

（2）“动画”栏

以下特性适用于特性面板的“动画”部分中的视图。

视图类型：对于模型和布局视图，将显示为命名视图指定的视图类型。

转场类型：对于模型和布局视图，将显示为命名视图指定并在回放视图时使用的转场类型。

转场持续时间：适用于模型视图和布局视图，显示为命名视图指定并在回放视图时使用的转场时间长度。

移动：仅适用于模型视图，显示指定为“电影式”视图类型的命名视图指定的移动。

回放持续时间：适用于模型视图和布局视图，显示动画回放的时间长度。

距离：仅对于模型视图，显示用于电影式视图类型的距离。

向上距离：仅对于模型视图，显示相机可以向上移动的距离。适用于升高移动类型。

向下距离：仅对于模型视图，显示相机可以向下移动的距离。适用于降低移动类型。

向前距离：仅对于模型视图，显示相机可以向前移动的距离。适用于降低移动类型。

向后距离：仅对于模型视图，显示相机可以向后移动的距离。适用于升高移动类型。

向左/向右度数：仅对于模型视图，显示围绕 Z 轴的旋转量。适用于环视和动态观察移动类型。

向上/向下度数：仅对于模型视图，显示围绕 XY 平面的旋转量。适用于环视和动态观察移动类型。

向左/向右（平移）距离：仅对于布局视图，显示相机可以向左和向右平移的距离。适用于平移和缩放移动类型。

向上/向下（平移）距离：仅对于布局视图，显示相机可以向上和向下平移的距离。适用于平移和缩放移动类型。

放大/缩小百分比：仅对于布局视图，显示相机可以放大和缩小的百分比。适用于平移和缩放移动类型。

当前位置：对于模型和布局视图，显示相机的当前位置。

始终朝向轴心点：仅对于模型视图，显示是否将视图锁定至指定圆心。用于追踪和升降移动类型。

（3）“视图”栏

以下视图特性适用于特性面板的“视图”部分中的视图。

相机 X 坐标：仅适用于当前视图和模型视图，显示视图相机的 X 坐标。

相机 Y 坐标：仅适用于当前视图和模型视图，显示视图相机的 Y 坐标。

相机 Z 坐标：仅适用于当前视图和模型视图，显示视图相机的 Z 坐标。

目标 X 坐标：仅适用于当前视图和模型视图，显示视图目标的 X 坐标。

目标 Y 坐标：仅适用于当前视图和模型视图，显示视图目标的 Y 坐标。

目标 Z 坐标：仅适用于当前视图和模型视图，显示视图目标的 Z 坐标。

摆动角度：显示视图的当前摆动角度。

高度：显示视图的高度。

宽度：显示视图的宽度。

透视：适用于当前视图和模型视图。单击右格，可从下拉列表中选择“打开”或“关闭”，指定透视图处于打开还是关闭状态。

焦距（mm）：适用于除布局视图之外的所有视图，用户可以在其右格更改焦距（以毫米为单位）。更改此值将相应更改“视野”设置。

视野：适用于除布局视图之外的所有视图，用户可以在其右格更改水平视野（以当前角度单位为单位）。更改此值将相应更改“焦距”设置。

（4）“剪裁”栏

“剪裁”栏适用于除布局视图之外的所有视图，以下剪裁特性适用于“特性”面板的“剪裁”部分中的视图。

前向面：如果该视图已启用前向剪裁，用户可以在其右格更改前向剪裁平面的偏移值。

后向面：如果该视图已启用后向剪裁，用户可以在其右格更改后向剪裁平面的偏移值。

剪裁：设置剪裁选项。单击右格，可从下拉列表中选择“关”、“前向开”、“后向开”或“前向和后向开”。

3．“置为当前”按钮

选中一个视图，单击“置为当前”按钮，如果再单击“应用”按钮，选中的视图成为当前视图，但“视图管理器”对话框不关闭；如果再单击“确定”按钮，选中的视图成为当前视图，但“视图管理器”对话框关闭。

4．“新建”按钮

单击“新建”按钮，打开“新建视图/快照特性”对话框。参看 13.5.2 节。

5．“更新图层”按钮

仅用于模型视图或布局视图。先选中一个视图，单击“更新图层”按钮，更新与选定的视图一起保存的图层信息，使其与当前模型空间和布局视口中的图层可见性匹配。

6．“编辑边界”按钮

仅用于模型视图或布局视图，其作用是重新设置命名视图的边界。先选中一个视图，单击“编辑边界”按钮，对话框暂时关闭，命令行提示：

指定第一个角点：*输入一点*

指定对角点：*输入另一点*

指定第一个角点（或按〈Enter〉键以接受）：↙

新边界指定后返回对话框。

绘图区域的视图边界以内以较深的颜色显示，其他部分以较浅的颜色显示，从而区分命名视图的边界。

如果在图纸空间（即在布局状态），选中一个模型视图后单击“编辑边界”按钮，对话框关闭后命令行提示：

选择视图的视口：*选择一个视口的边界*

此时视口边界变粗，进入浮动模型空间重新设置边界。

7．“删除”按钮

删除选定的视图。

13.5.2 “新建视图/快照特性”对话框

单击“新建”按钮将显示如图 13-14 所示的“新建视图/快照特性”对话框，开始创建新视图。



图 13-14 “新建视图/快照特性”对话框（“视图特性”选项卡）

1．“视图名称”文本框

在其中输入新建视图的名称。

2．视图类别

从下拉列表中选择一个视图类别，输入新的类别或保留此选项为无。

3．视图类型

从下拉列表中选择“电影式”、 “静止”或“录制的漫游”之一。“录制的漫游”仅适用于模型空间视图。

4．“视图特性”选项卡

可以在“视图特性”选项卡上设置新命名视图的图形区域，新命名视图中三维对象的视觉外观以及为新命名视图指定背景。

（1）“边界”栏

用于为新命名视图指定图形区域。

“当前显示”：选中该单选按钮，新命名视图的边界不变。

“定义窗口”：通过在绘图区域指定矩形窗口的两个对角点来定义新视图的边界。选中该单选按钮，“新建视图/快照特性”和“视图管理器”这两个对话框暂时关闭，命令行提示：

指定第一个角点：*输入一点*

指定对角点：*输入另一点*

指定第一个角点(或按〈Enter〉键以接受)：↙

新边界指定后重现对话框。

“定义视图窗口”按钮：单击该按钮即自动选择“定义窗口”，即通过在绘图区域指定矩形窗口的两个对角点来定义新视图的边界。从而暂时关闭对话框，并有与“定义窗口”相同的命令行操作。

（2）“设置”栏

用于设置与新命名视图一起保存的选项。

“将图层快照与视图一起保存”：在新命名视图中保存当前图层可见性设置。

“UCS”下拉列表：仅适用于模型视图和布局视图。从下拉列表中选择要与新视图一起保存的坐标系（世界坐标系或用户坐标系或“无”）。

“活动截面”下拉列表：仅适用于模型视图。从下拉列表中选择恢复新视图时应用的活动截面。

“视觉样式”下拉列表：仅适用于模型视图。从下拉列表中选择要与视图一起保存的视觉样式。

（3）“背景”栏

用于设置应用三维视觉样式或渲染视图时新命名视图的背景外观。

“背景类型”下拉列表：仅适用于视觉样式未设置为“二维线框”的模型视图。从下拉列表中选择新视图的背景类型，如果选择“纯色”、“渐变色”、“图像”，打开“背景”对话框。关于背景的对话框，参看 13.5.3 节。如果选择“阳光与天光”，打开“调整阳光与天光背景”对话框。关于阳光与天光的概念和对话框的设置，16.9 节。


注意　仅当“LIGHTINGUNITS”系统变量未设置为 0 时，“阳光与天光”选项才可用。

“将阳光特性与视图一起保存”复选框：指定是否将阳光与天光数据和命名视图一起保存。选择“阳光与天光”作为背景类型时，将自动选择该选项。使用除“阳光天光”以外的背景类型时，是否将阳光与天光数据保存至命名视图是可选的。

“当前替代”提示：提示当前已选择的背景类型。

预览框：显示当前背景（如果已定义）。

“[...]”按钮：在已经选择了“纯色”、“渐变色”、“图像”或“阳光与天光”之一后，该按钮可用，单击该按钮，将显示“背景”对话框，从而可以更改当前背景选择。

5．“快照特性”选项卡

“快照特性”选项卡如图 13-15 所示。在“快照特性”选项卡上设置在使用 ShowMotion 播放视图时用于该视图的转场和运动。请结合 13.6 节学习这部分内容。

随着新建模型视图与布局视图的不同，以及在“视图类型”下拉列表中选择“电影式”、“静止”或“录制的漫游”的不同，“快照特性”选项卡的内容也有所不同。例如，同是在“视图类型”下拉列表中选择“电影式”，如果是新建模型视图，且“运动”栏中“移动类型”选择“放大”，“快照特性”选项卡如图 13-15a 所示；如果是新建布局视图，“快照特性”选项卡如图 13-15b 所示。以下将“快照特性”选项卡所有情况下出现的设置综合叙述，请读者根据“快照特性”选项卡的内容，从以下叙述中查找学习。



a)　　　　b)

图 13-15 “新建视图/快照特性”对话框（“快照特性”选项卡）

a) 模型视图，“快照特性”选项卡（“运动”栏中“移动类型”选择“放大”） b) 布局视图，“快照特性”选项卡

（1）“转场”栏

用于定义回放视图时使用的转场。

“转场类型(T)”下拉列表：从下拉列表中选择回放视图时使用的转场类型。列表中的选项有“从黑色淡入此快照”、“从白色淡入此快照”、“直接跳至快照”。

“转场持续时间（秒）”文本框：设定转场的时间长度。可直接输入数值，也可单击其右侧的增减箭头。

（2）“运动”栏

用于定义回放视图时使用的运动操作。

“移动类型”下拉列表：在“视图类型”选择了“电影式”后出现。从“移动类型”下拉列表中选择要用于命名视图的移动类型。对于模型空间视图，可选择“放大”、“缩小”、“左追踪”、“右追踪”、“升高”、“降低”、“环视”、“动态观察”之一（随移动类型的不同，“运动”栏的内容也不同，读者可试之）；对于布局视图，只能选择“平移 + 缩放”。

“持续时间（U）”文本框：设置动画回放的时间长度。可直接输入数值，也可单击其右侧的增减箭头。

“距离（S）”文本框：在“视图类型”选择了“电影式”后，设置运动要完成的距离，可直接输入数值，也可单击其右侧的增减箭头。

“向上距离”文本框：设置相机可以向上移动的距离。适用于“升高”移动类型。

“向下距离”文本框：设置相机可以向下移动的距离。适用于“降低”移动类型。

“向前距离”文本框：设置相机可以向前移动的距离。适用于“降低”移动类型。

“向后距离”文本框：设置相机可以向后移动的距离。适用于“升高”移动类型。

“向左/向右度数”下拉列表和“度数”文本框：设置相机可以围绕 Z 轴旋转的角度。适用于“环视”和“动态观察”移动类型。

“向上/向下度数”下拉列表和“度数”文本框：设置相机可以围绕 XY 平面旋转的角度。适用于“环视”和“动态观察”移动类型。

“向左/向右（平移）距离”下拉列表和文本框：设置相机可以向左和向右平移的距离。适用于“平移 + 缩放”移动类型。

“向上/向下（平移）距离”下拉列表和文本框：设置相机可以向上和向下平移的距离。适用于“平移 + 缩放”移动类型。

“放大/缩小百分比”下拉列表和文本框：设置相机可以放大或缩小的百分比。适用于“平移 + 缩放”移动类型。

“当前位置”下拉列表：设置相机的当前位置，可以选择“起点”、“终点”和“中间点”之一。

“始终朝向轴心点”：将相机锁定至指定圆心。适用于“追踪”、“升高”和“降低”移动类型。

（3）“预览”按钮和“循环”复选框

单击“预览”按钮，预览指定给命名视图的转场和运动。

选中“循环”复选框，单击“预览”按钮后，循环回放指定给新命名视图的转场和运动。按〈Esc〉键、空格键或〈Enter〉键退出循环预览。

请读者在“运动”栏选择不同的移动类型预览。

13.5.3 “背景”对话框

在“背景”对话框中设置命名视图背景的类型、颜色、效果和位置。

在“背景”对话框和“调整阳光与天光背景”对话框的“类型”下拉列表中分别选择了“纯色”、“渐变色”或“图像”后，各对话框分别如图 13-16、图 13-17 及图 13-18 所示。

各对话框的上部是预览框，显示背景。

1. “纯色”的“背景”对话框

单击“纯色选项”栏的“颜色”条，将打开“选择颜色”对话框，从其“索引颜色”、

“真彩色”或“配色系统”中选择一种颜色作为背景。



图 13-16 “背景”对话框（纯色）



图 13-17 “背景”对话框（渐变色）



图 13-18 “背景”对话框（图像）

2.“渐变色”的“背景”对话框

在“渐变色选项”栏设置两种或三种渐变颜色作为背景。

“三色”复选框：选中该复选框，将指定三色渐变色。否则，将指定双色渐变色。

单击“顶部颜色”条，打开“选择颜色”对话框，选择渐变色的顶部颜色。

单击“中间颜色”条，打开“选择颜色”对话框，选择渐变色的中间颜色。此颜色条仅在选中“三色”复选框时显示。

单击“底部颜色”条，打开“选择颜色”对话框，选择渐变色的底部颜色。

“旋转”文本框：用于设置渐变色背景旋转的角度。可直接输入数值，也可单击其右侧

的增减箭头。对于纯色和图像背景，不能使用旋转。

3．“图像”的“背景”对话框

（1）“图像选项”栏

在“图像选项”栏的文本框显示图像文件的名称和路径。

单击“浏览”按钮，打开“选择文件”对话框，从其下面的“文件类型”下拉列表中选择合适的图像文件类型，再从文件列表中选择文件后并将其打开。

单击“调整图像”按钮，打开“调整图像背景”对话框，如图 13-19 所示。



图 13-19 “调整图像背景”对话框

（2）“调整背景图像”对话框

“调整背景图像”对话框用于调整模型空间命名视图的背景图像的选项。

“图像位置”下拉列表：用于确定命名视图中图像的位置。该下拉列表有三个选项。

“中央”：将图像置于中心，而不更改图像的宽高比或比例。

“拉伸”，将图像置于中心，并将其沿 X 轴和 Y 轴同时拉伸（按比例），以使图像占据整个视图。

“平铺”：将图像置于视图的左上角，并根据需要重复图像以填满关联视口中的空间。保留该图像的宽高比和比例。

“偏移”单选按钮：选中该按钮是设置图像的偏移（如果选择“拉伸”作为图像位置，则此选项不可用，即预览框右侧和下边的滑块不能移动）。偏移值在 X 或 Y 轴上的变化范围均为–2000～+2000，通过拖动预览框右侧和下边的滑块来调整其值。

“比例”单选按钮：选中该按钮将设置图像比例（如果选择“拉伸”作为图像位置，则此选项不可用，即预览框右侧和下边的滑块不能移动）。比例值在 X 或 Y 轴上的变化范围均为 0.1～10。通过拖动预览框右侧和下边的滑块来调整其值。

拖动预览框右侧垂直位置滑块：如果选择了“偏移”选项，则垂直偏移该图像（Y 轴坐标偏移）。如果选择了“比例”，则调整该图像的 Y 轴坐标比例。

拖动预览框下边水平位置滑块：如果选择了“偏移”选项，则水平偏移该图像（X 轴坐标偏移）。如果选择了“比例”，则调整该图像的 X 轴坐标比例。



“重置”按钮：单击该按钮，将“偏移”或“比例”重置为其默认值。

“缩放时，保持宽高比”复选框：当“图像位置”下拉列表中选择“中央”或“平铺”时，选中该复选框，且选中“比例”单选按钮时，将同时锁定 X 轴和 Y 轴，即拖动预览框右侧和下边的一个滑块，将同时移动两个滑块。

如果选择“中央”并修改偏移值使得位图矩形显示在投影矩形之外，则显示视图时，位图将不在绘图区域的中心（排列时，偏移实际上是一段位移而不是绝对位置）。如果位图显示在投影矩形之外，则该位图不会显示在视图内。

13.6 通过 ShowMotion 定义和更改视图

13.6.1 创建快照及快照序列

1．快照及快照序列概述

具有转场和运动的视图称为快照，所以快照实质上是视图，快照名称在“视图管理器”中列出。可以创建的快照类型为：

静止：利用单个固定的相机位置。

电影式：利用具有电影式相机移动的单相机。

录制的漫游：通过在模型四周和内部导航来录制动画。

可将相关快照创建到或组织到相同的视图类别——快照序列里。通过使用快照序列，用户可以进行快速查找快照、一次回放多个快照以及控制快照回放顺序等操作。

使用 ShowMotion，用户可以创建快照、播放快照、修改快照。

2．创建快照的方法

1）打开“新建视图/快照特性”对话框，如图 13-15 所示。方法是：

① 在“视图管理器”中（“view”命令），单击“新建”按钮。

② 启动 ShowMotion（参看 13.6.2 节）后，在 ShowMotion 控件上，单击“新建快照”按钮，打开“新建视图/快照特性”对话框，选择“快照特性”选项卡。如果已经建立了若干快照，在某个快照或快照序列上单击鼠标右键，打开右键快捷菜单，选择菜单项“新建视图/快照…”，也可打开“新建视图/快照特性”对话框。

2）在“视图名称”文本框中，输入名称。

3）在“视图类别”下拉列表中，选择视图类别（即将快照建在那个快照序列），默认的视图类别是“无”，可以使用这个名称。如果要建立新的类别，可在框中输入新的名称。

4）在“视图类型”下拉列表中，选择快照类型（“电影式”、“静止”、“录制的漫游”之一）。

5）在“快照特性”选项卡上设置在使用 ShowMotion 播放视图时用于该视图的转场和运动（参看图 13-15 中的“快照特性”选项卡）。

如果是创建静止画面快照，在“快照特性”选项卡上，从“转场”栏的“转场类型”下拉列表中选择一种转场类型。在“转场”栏的“转场持续时间（秒）”文本框中输入转场持续时间。在“运动”栏的“持续时间”文本框中输入运动持续时间。单击“预览”按钮查看效果。

如果是创建录制的漫游快照，在“快照特性”选项卡上，从“转场”栏的“转场类型”下拉列表中选择一种转场类型，在“转场”栏的“转场持续时间”文本框中输入转场持续时间，在“运动”栏，单击“开始录制”，暂时关闭“新建视图/快照特性”对话框。单击屏幕并按住鼠标左键沿所需的动画路径拖动鼠标，松开鼠标以停止录制，返回“新建视图/快照特性”对话框。单击“预览”按钮查看效果。

如果是创建电影式快照，在“快照特性”选项卡上，从“转场”栏的“转场类型”下拉列表中选择一种转场类型，在“转场持续时间”文本框中输入转场持续时间，在“运动”栏，设定相机位置、移动的持续时间、相机的移动距离等。单击“预览”按钮查看效果。

完成以上步骤后单击“确定”按钮，快照创建完成。

使用 ShowMotion 首次创建快照后，会生成上下两个缩略图，上面是快照缩略图，下面是其所在的快照序列的缩略图。快照及快照序列的名称分别位于缩略图下方。

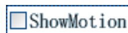
如果在“视图类别”下拉列表中选择的视图类别（即快照序列）已存在，则创建该快照序列的一个快照缩略图。如果是在“视图类别”框中输入一个新的视图类别名（即快照序列名），则同时创建一个快照序列缩略图及一个快照缩略图。

13.6.2 使用 ShowMotion

1．启动“ShowMotion”

启动“ShowMotion”的方式有：

- 命令：ShowMotion ↙
- 下拉菜单：视图(V) →ShowMotion(M)
- 功能区：三维建模工作空间→“视图”选项卡→“窗口”面板→ 

→ 

ShowMotion 如图 13-20 所示，由三个主要部分组成：快照缩略图、快照序列缩略图和 ShowMotion 控件。通过 ShowMotion 控件（沿底部排列），用户可以播放指定给快照的动画，固定和取消固定 ShowMotion 以及关闭 ShowMotion。使用快照和快照序列缩略图，可以在当前模型中导航快照。

ShowMotion 控件具有以下选项：

“固定/取消固定 ShowMotion”按钮：单击“固定 ShowMotion”按钮，此按钮将变成“取消固定 ShowMotion”；单击“取消固定 ShowMotion”按钮，此按钮将变成“固定 ShowMotion”。固定 ShowMotion，即使不再进行 ShowMotion 的相关操作，而进行其他 AutoCAD 操作，也仍然显示 ShowMotion 控件和所有缩略图。未固定 ShowMotion 时，一旦进行其他 AutoCAD 操作，则不再显示 ShowMotion 控件和所有缩略图。

“全部播放”按钮：单击该按钮，开始播放所有快照序列中的快照。从最左侧的快照序列开始，按从左到右的顺序播放快照。

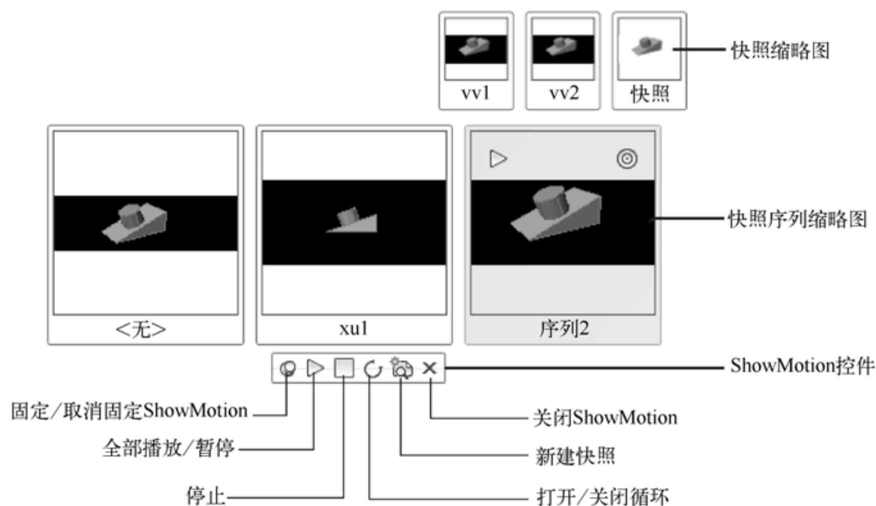


图 13-20　ShowMotion（光标停留在快照序列缩略图上）

“停止”按钮：单击该按钮，停止播放当前快照。

“打开/关闭循环”按钮：播放时，启用或禁用循环播放指定给快照或快照序列的动画。

“新建快照”按钮：打开“新建视图/快照特性”对话框，如图 13-15 所示，用户可以在其中创建新快照。

“关闭 ShowMotion”按钮：单击该按钮，关闭 ShowMotion 控件和所有缩略图。

当 ShowMotion 未固定时，在 ShowMotion 以外单击，也能关闭 ShowMotion 控件和所有缩略图。

2．播放快照

启动 ShowMotion 后，如果已经创建了快照，会显示快照缩略图和快照序列缩略图，如果光标停留在快照序列缩略图上，ShowMotion 显示如图 13-20 所示；如果光标停留在快照缩略图上，ShowMotion 显示如图 13-21 所示。光标停留的快照序列缩略图或快照缩略图为浅蓝色，其上部出现“播放/暂停”和“开始”按钮。

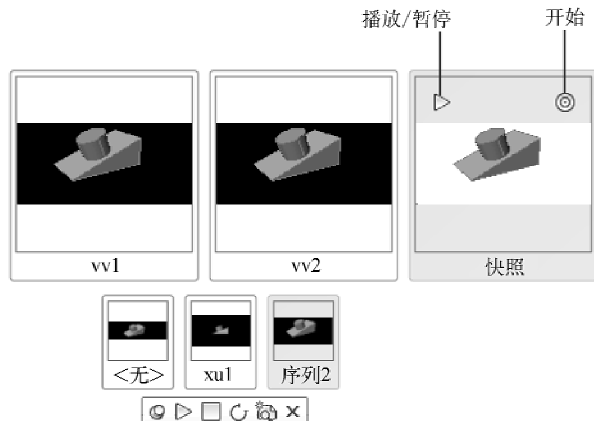


图 13-21　ShowMotion（光标停留在快照缩略图上）

要播放一个快照，将光标移动到要播放的快照上，单击鼠标左键或单击左上角的“播放”按钮，此时仅播放一个快照。

播放一个快照序列：将光标移动到要播放的快照序列缩略图上，单击鼠标左键或单击左上角的“播放”按钮，此时播放序列中的所有快照。

可以使用 ShowMotion 控件的“全部播放”按钮播放所有快照序列中的快照。从最左侧的快照序列开始，按从左到右的顺序播放快照。使用“停止”按钮停止播放当前快照。使用“打开/关闭循环”按钮循环（或禁止循环）播放指定给快照或快照序列的动画。

当前快照序列缩略图或快照缩略图上的“播放”、“开始”按钮说明如下。

播放：单击该按钮，播放一个快照或一个快照序列，同时该按钮转换为“暂停”按钮，单击“暂停”按钮，播放暂停。

开始：恢复指定给快照或快照序列中第一个快照的模型的视图。

13.6.3 修改快照及快照序列

1．修改快照

如果需要修改快照，可以在要修改的一个快照缩略图上单击鼠标右键，打开右键快捷菜单，选择其以下菜单项可修改快照。

“特性”：选择此选项可打开“新建视图/快照特性”对话框，可以修改快照名称、快照所属快照序列、快照类型以及快照的转场和运动设置等。例如，在“视图类别”下拉列表中选择另外的视图类别可以更改当前快照所属的快照序列。

“重命名”：用于重命名快照。选择该选项后，在快照底部其名称可改，输入新名称替换现有名称，然后按〈Enter〉键。

“删除”：删除当前快照。

“左移”和“右移”：通过向左或向右移动一个位置更改快照在快照序列中的位置。将光标停留在要重新排序的快照或快照序列上。单击鼠标右键，然后单击“左移”或“右移”。

“更新以下项的缩略图”：更新单个快照或使用模型保存的所有快照的缩略图。该菜单项子菜单的“此视图”和“全部”两项可用于修改快照。选择“此视图”，更新当前快照缩略图；选择“全部”，更新在模型中存储的所有快照的缩略图。

2．修改快照序列

如果需要更改快照序列，可以在要修改的一个快照序列缩略图上单击鼠标右键，打开右键快捷菜单，在其菜单项中，“重命名”、“左移”和“右移”与修改快照的方法一样。不同的是“删除”与“更新以下项的缩略图”两项，说明如下。

选择“删除”菜单项，会出现“ShowMotion - 删除视图类别”对话框，警告“是否要删除此视图类别”，如果单击“删除类别”，则删除整个快照序列及其所有快照。

“更新以下项的缩略图”：更新快照序列中所有快照或使用模型保存的所有快照的缩略图。该菜单项的子菜单的“此视图”不可用，“此类别”和“全部”两项可用于修改快照序列。选择“此类别”，更新当前快照序列的所有快照的缩略图；选择“全部”，更新在模型中存储的所有快照的缩略图。

13.7　视觉样式管理器



可由视觉样式管理器创建和修改视觉样式，将选定的视觉样式应用于当前视图。

命令的输入方式有：

- 工具栏：视觉样式
- 命令行：visualstyles ↙
- 下拉菜单：工具(T) →选项板→视觉样式(V)；视图(V) →视觉样式(S) →视觉样式管理器(V)
- 功能区：三维建模工作空间→“视图”选项卡→“选项板”面板→视觉样式；三维建模工作空间→“常用”选项卡→“视图”面板→“视觉样式”下拉列表 概念 →视觉样式管理器…；三维建模工作空间→“视图”选项卡→“视觉样式”面板→“视觉样式”下拉列表 概念 →视觉样式管理器…；三维建模工作空间→“视图”选项卡→“视觉样式”面板的↘

命令输入后打开“视觉样式管理器”，如图 13-22 所示。

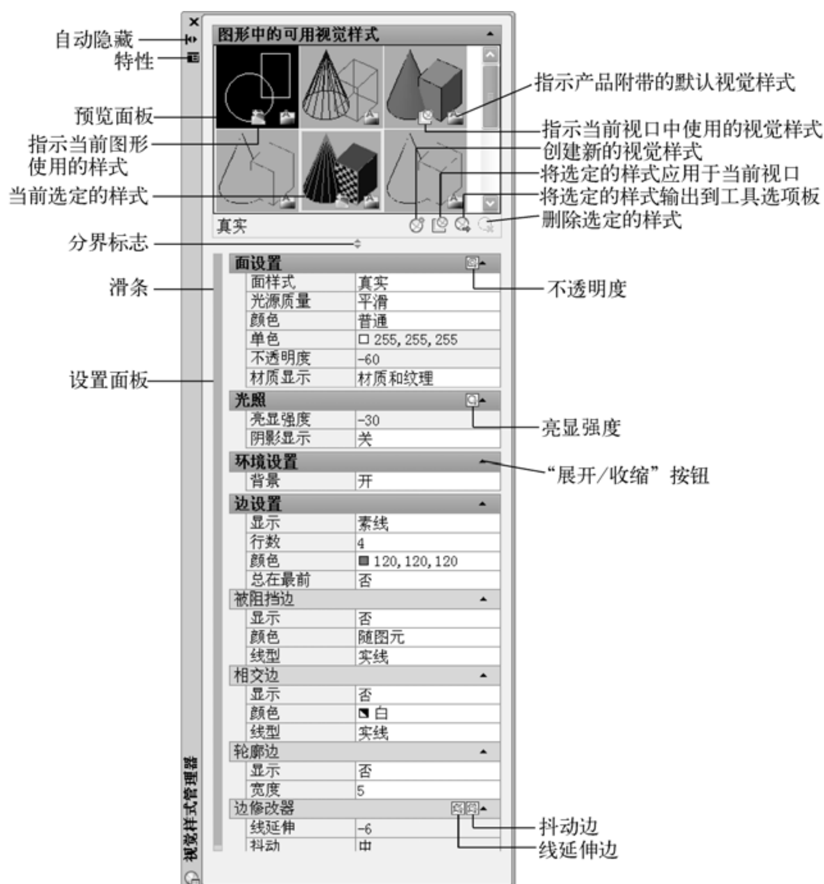


图 13-22　视觉样式管理器

1．预览面板

预览面板用于显示图形中可用的视觉样式的样例图像。选定的视觉样式用黄色边框表示，其名称显示在预览面板的底部，其面设置、光照、环境设置和边设置将显示在设置面板中。

每一个样例图像的底部有图标指示视觉样式的状态，如果其下部的图标是"将选定的视觉样式应用于当前视口"的按钮形状，表示该视觉样式正应用于当前视口；如果是图形图标，指示该视觉样式是当前图形（而不是当前视口）中使用的视觉样式。右下部的产品图标用于指示产品附带的默认视觉样式。当光标在样例图像上晃动时，将出现悬停工具提示，显示该视觉样式的名称和说明。

（1）预览面板工具条中的四个按钮

创建新的视觉样式：单击该按钮，显示"创建新的视觉样式"对话框，从中用户可以输入名称和可选说明，然后单击"确定"按钮关闭该对话框，新视觉样式的样例图像创建，随即被置于预览面板的末端并被选中，可通过下面的设置面板对新视觉样式进行设置。

将选定的视觉样式应用于当前视口：选中一个视觉样式，单击该按钮，该视觉样式将应用于当前视口。

将选定的视觉样式输出到工具选项板：选中一个视觉样式，单击该按钮，选定该视觉样式的创建工具，并将其置于活动工具选项板上。如果"工具选项板"窗口已关闭，则该窗口将被打开并且该工具将被置于顶部选项板上。

删除选定的视觉样式：选中一个视觉样式，单击该按钮将其从图形中删除。但 12 个 AutoCAD 默认视觉样式或正在使用的视觉样式无法被删除。

（2）预览面板的快捷菜单

在预览面板中的样例图像上单击鼠标右键可打开快捷菜单，如图 13-23 所示。菜单中"创建新的视觉样式..."、"应用于当前视口"、"输出到活动的工具选项板"、"删除"对应于工具条的按钮 、、、。 下面说明其他菜单项。

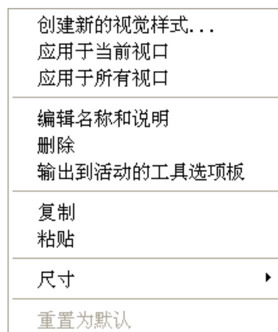


图 13-23　预览面板样例图像上的右键快捷菜单

应用到所有视口：选中该项，将选定的视觉样式应用到图形中的所有视口。

编辑名称和说明：选中该项，将打开"编辑和说明"对话框，用户可从中修改视觉样式的名称，或添加、更改现有的说明。但 12 个 AutoCAD 默认视觉样式不能被编辑。

复制：选中该项，将视觉样式样例图像复制到剪贴板。应用菜单中的"粘贴"可在预览面板中创建该视觉样式的一个副本。也可以打开"工具选项板"窗口，在其当前选项板上单击右键，从打开的菜单中选择"粘贴"，从而创建"视觉样式"工具。

粘贴：选中该项，将使复制到剪贴板的视觉样式的副本粘贴至预览面板，并将该视觉样式添加到图形中。也可以粘贴从“工具选项板”窗口复制的“视觉样式”工具。

尺寸：选中该项，打开子菜单，从中选择“小”、“中”、“大”“完整”之一，设定样例图像的大小。其中“完整”一项的作用是使用一个样例图像充满预览面板。



重置为默认：选中该项，恢复某个 AutoCAD 默认视觉样式的原来设置。



注意 选中一个视觉样式，单击按钮，该视觉样式将应用于当前视口，这样，在设置面板中对该视觉样式进行的设置，会即刻在视口的模型中显示出来。当然，预览面板中的样例图像也会即时变化。

2．设置面板

（1）面设置

用于控制面在视口中的外观。

“不透明度”按钮：单击该按钮可切换“不透明度”值的正负。

面样式：定义面上的着色。单击右格，可从下拉列表中选择“真实”、“古式”和“无”之一。“真实”是默认选项，非常接近于面在现实中的真实的效果；“古式”是通过缓和加亮区域与阴影区域之间的对比，加亮区域使用暖色调，而阴影区域使用冷色调，而不是使用亮色和暗色来增强面的显示效果，可以更好地显示细节；“无”是不进行着色。对于用户自己创建的视觉样式，无论选择何种面样式，都显示模型隐藏的边。若要用户自己创建的视觉样式不显示模型隐藏的边，可在命令行应用系统变量“VSOBSCUREDEDGES”，令其值为 0。

光源质量：设置为三维实体的面和当前视口中的曲面插入颜色的方法。单击右格，可从下拉列表中选择“镶嵌面的”、“平滑”、“最平滑”之一。选择“镶嵌面的”，使镶嵌面光源为每个面计算一种颜色，对象外观将显示得平滑。选择“平滑”，显示常规质量平滑外观，平滑光源通过将多边形各面顶点之间的颜色计算为渐变色，可以使多边形各面之间的边变得平滑，这是默认选项。选择“最平滑”，将基于各个像素计算颜色，显示高质量平滑外观，但是仅当在“手动性能调节”对话框中打开“单像素光照”硬件效果选项时才能产生可见的改善（用“3dconfig”命令打开“手动性能调节”对话框）。

颜色：控制面上的颜色的显示。单击右格，可从下拉列表中选择“普通”、“单色”、“明”、“降饱和度”之一。“普通”不应用面颜色修改器；选择“单色”，以下面“单色”（即系统变量 VSMONOCOLOR 的取值）格中选择的颜色显示所有面；选择“明”，更改面颜色的色调和饱和度值，使用下面“单色”格中选择的颜色对所有面进行着色；选择“降饱和度”，通过将颜色的饱和度分量降低百分之三十来使颜色柔和。

单色/明色：在“颜色”格为“单色”和“明”时，设置面颜色。单击右格，可从下拉列表中选择颜色，若选择“选择颜色…”，则打开“选择颜色”对话框，从中选择面颜色。“颜色”格设定为“普通”或“降饱和度”时，此设置不可用。

不透明度：控制面在视口中的不透明度或透明度。不透明度由系统变量“VSFACEOPACITY”控制，取值范围为–100～100。值为 100 时，面完全不透明；值为 0 时，面完全透明。负值用于设置透明度级别但会关闭图形中的效果。

材质显示：控制是否显示材质和纹理。单击右格，可从下拉列表中选择“关”（不显示材质）、“材质”（显示材质，不显示纹理）和“材质和纹理”（显示材质和纹理）。

（2）光照

用于控制与光源相关的效果。

“亮显强度”按钮：单击该按钮可切换“亮显强度”值的正负。

亮显强度：控制亮显在无材质的面上的大小。亮显强度由“VSFACEHIGHLIGHT”系统变量控制，取值范围为-100～100。数值越大，亮显区域越大。更小、更强烈的亮显会使对象看上去更亮。在视觉样式中设置的亮显强度不能应用于附着了材质的对象。

阴影显示：控制阴影的显示。单击右格，可从下拉列表中选择“关”、“地面阴影”或“映射对象阴影”。“关”表示无阴影；“地面阴影”表示仅显示地面阴影；“映射对象阴影”表示显示全阴影。要显示全阴影，需要硬件加速。当关闭“几何图形加速”时，将无法显示全阴影（要访问这些设置，可在命令行输入命令“3dconfig”，在打开的“自适应降级和性能调节”对话框中，单击“手动调节”按钮，打开“手动调节性能”对话框，从中设置）。地面阴影是对象投射到地面上的阴影。全阴影是对象投射到其他对象上的阴影。视口中的光源必须来自用户创建的光源或者来自用于要显示的全阴影的阳光。阴影重叠的地方，显示较深的颜色。关闭阴影可增强性能。

（3）环境设置

用于控制背景。

背景：控制背景是否显示在视口中。单击右格，可从下拉列表中选择“开”（显示背景）或“关”（不显示背景）。可以使用颜色、渐变色填充、图像或阳光与天光作为任何三维视觉样式中视口的背景。要使用背景，首先创建一个带有背景的命名视图，然后将命名视图置为视口中的当前视图。

（4）边设置

用于控制如何显示边。

显示：控制模型的边如何显示。单击右格，可从下拉列表中选择“镶嵌面边”（边为镶嵌面边形式，如图 13-24a 所示）、“素线”（边为素线形式，如图 13-24b 所示）或“无”（无边，如图 13-24c 所示）。如果选择“素线”，下面还会有“行数”格和“总在最前”格。“行数”是指定对象上每个曲面的轮廓素线数目，有效设置值为 0～2047 的整数。“总在最前”用于判断是否显示应用于当前视口的视觉样式中着色对象顶部的素线（读者可把视觉样式应用于当前视口后试验之）。

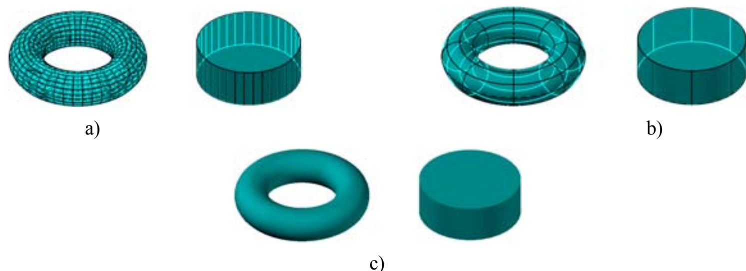


图 13-24　模型的边的显示

a) 镶嵌面边　b) 边为素线形式　c) 无边

颜色：设置边的颜色。单击右格，可从下拉列表中选择颜色，若选择“选择颜色...”，则打开“选择颜色”对话框，可从中选择边颜色。

1）被阻挡边：控制当边模式为“镶嵌面边”或“素线”时，隐藏线的可见性、颜色、线型等。

显示：控制是否显示隐藏线。单击右格，可从下拉列表中选择“是”或“否”。



颜色：设置隐藏线的颜色。单击右格，可从下拉列表中选择颜色，若选择“选择颜色…”，则打开“选择颜色”对话框，从中选择隐藏线颜色。

线型：为隐藏线设定线型。单击右格，可从下拉列表中选择一种线型。

2）相交边：控制当边模式为“镶嵌面边”或“素线”时，两立体的相交边是否显示及颜色、线型等，如图 13-25 所示。

显示：控制是否显示相交边。单击右格，可从下拉列表中选择“是”或“否”。注意，要提高性能，请关闭相交边的显示。

颜色：设定相交边的颜色。单击右格，可从下拉列表中选择颜色，若选择“选择颜色…”，则打开“选择颜色”对话框，从中选择相交边颜色。

线型：为相交边设置线型。单击右格，可从下拉列表中选择一种线型。

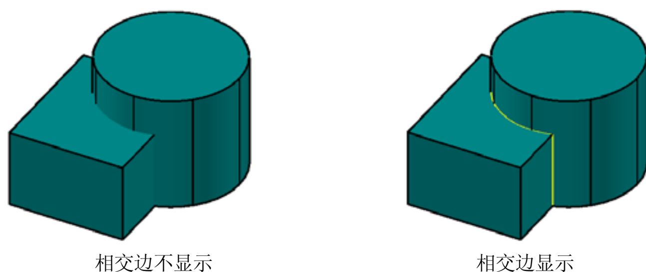


图 13-25　相交边

3）轮廓边：控制应用于当前视口的视觉样式中实体对象轮廓边的显示与否及显示时的宽度，如图 13-26 所示。轮廓边不显示在线框或透明对象上。

可见：控制轮廓边的显示。单击右格，可从下拉列表中选择“是”或“否”。

宽度：以像素为单位指定当前视口中轮廓边的宽度。单击右格，可改变宽度值，宽度值的取值范围为 1～25。

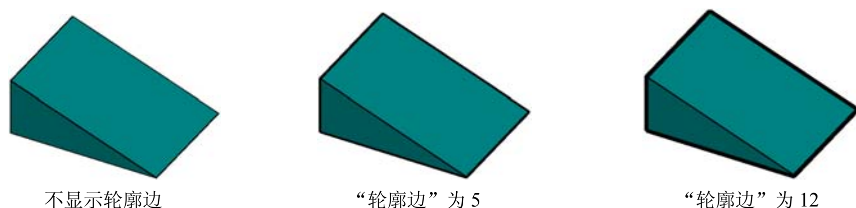


图 13-26　实体对象轮廓边

4）边修改器：控制应用到所有边模式（边模式为“无”时除外）的设置。

“线延伸边”按钮：单击该按钮，打开或关闭线延伸效果。

“抖动边”按钮：单击该按钮，打开或关闭抖动效果。

线延伸：线延伸的作用是将线延伸超过其交点，以达到手绘的效果，如图 13-27b、图

13-27d 所示。在"线延伸"按钮处于打开时，单击右格，可改变线延伸值，线延伸值的取值范围为 1～100 像素。通过在线延伸值前添加减号，也可关闭线延伸效果。

抖动：抖动使三维对象上的边显示为波状，如同使用铅笔勾画的一样，如图 13-27c、图 13-27d 所示。在"抖动"按钮处于打开时，单击右格，可从下拉列表中选择"高"、"中"、"低"、"关"之一。其效果是勾画的特征明显程度依次降低，直至没有。

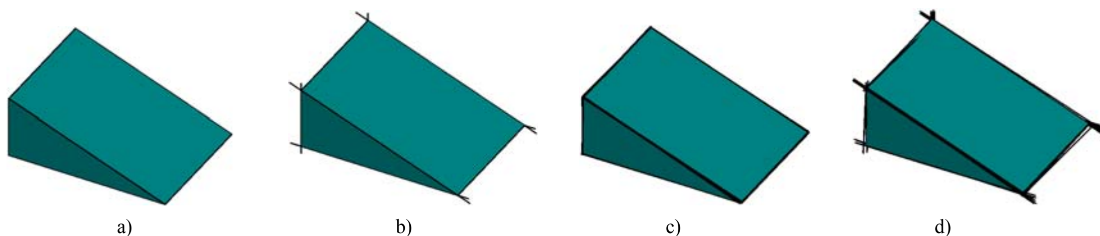


图 13-27　线延伸和抖动

a) 没有"线延伸"和"抖动"　b) 有"线延伸"没"抖动"　c) 没"线延伸"有"抖动"　d) 有"线延伸"有"抖动"

折缝角度：在边模式选择"镶嵌面边"时，设定面内的镶嵌面边不显示的角度，以达到平滑的效果。单击右格，可改变角度值，角度值的取值范围为 0～180。仅在镶嵌面之间的角度小于指定的折缝角度值时，才显示镶嵌面边，如图 13-28 所示。

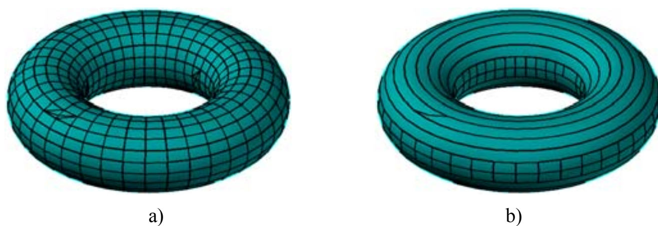


图 13-28　折缝角度

a) "折缝角度"为 1　b) "折缝角度"为 9

光晕间隔 %：指定一个对象被另一个对象遮挡处要显示的间隔的大小，如图 13-29 所示。选择概念视觉样式、真实视觉样式或三维隐藏视觉样式或者基于三者的视觉样式时，该选项可用。单击右格，可改变间隔值，间隔值的取值范围为 0～100。如果光晕间隔值大于 0（零），将不显示轮廓边。

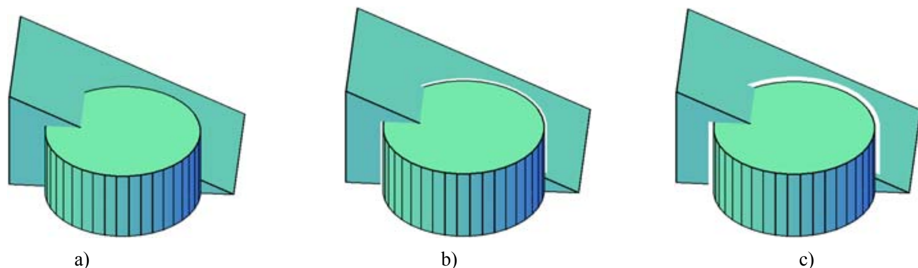


图 13-29　光晕间隔

a) "光晕间隔"为 0　b) "光晕间隔"为 5　c) "光晕间隔"为 10

3．功能区视觉样式的使用

在三维建模工作空间时，功能区的“视图”选项卡有“视觉样式”面板，如图 13-30 所示。

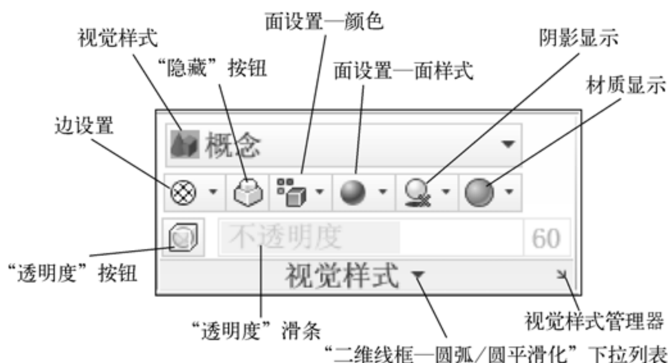


图 13-30 “视觉样式”面板

“视觉样式”面板包括视觉样式设置的下拉列表、按钮和滑条。单击“视觉样式”下拉列表，可从中选择当前视图的视觉样式。

如果单击各视觉样式设置的下拉列表，打开的下拉列表如图 13-31 所示，可从中选择当前视图的边、面等设置，且当前视图即刻变化。

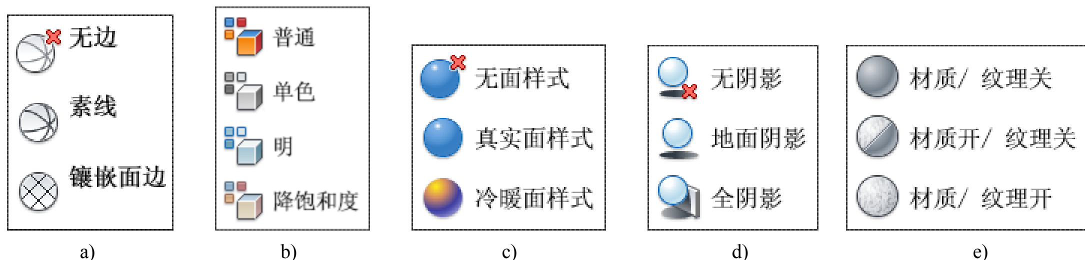


图 13-31 “视觉样式”面板的各视觉样式设置的下拉列表

a) 边设置 b) 面设置—颜色 c) 面设置—面样式 d) 阴影显示 e) 材质显示

单击“隐藏”按钮，当前视图成为“三维隐藏”视觉样式。

单击“透明度”按钮，“透明度”滑条成为，拖动滑块，可改变三维对象的透明度。

在“二维线框”视觉样式时，单击“二维线框—圆弧/圆平滑化”下拉列表，“圆弧/圆平滑化”文本框可用，可直接输入数字，或单击右侧增减按钮改变其值。

4．二维线框的设置面板

当视觉样式选择“二维线框”时，其设置面板如图 13-32 所示。

（1）二维线框选项

轮廓素线：控制对象上每个曲面的轮廓素线数目。现有如图 13-33 的一个圆柱，单击右格，可改变轮廓素线数目，有效值为 0～2047 的整数。轮廓素线数目改变后需用重生成命令“regen”查看效果。

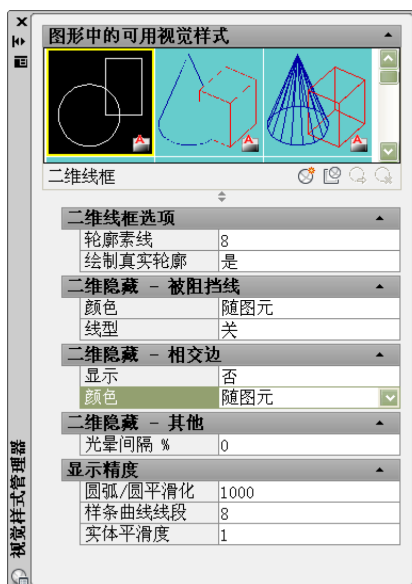


图 13-32 “二维线框”时的设置面板

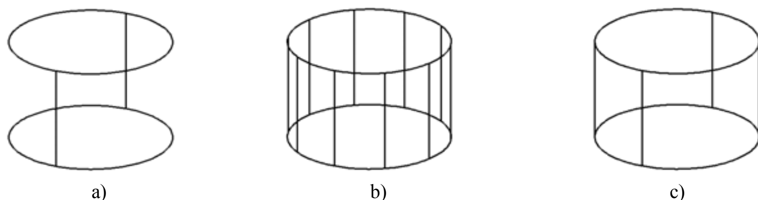


图 13-33 轮廓素线数目

a) 轮廓素线数目 2，不绘制真实轮廓 b) 轮廓素线数目 10 c) 轮廓素线数目 2，绘制真实轮廓

绘制真实轮廓：控制三维实体对象轮廓边在二维线框或三维线框视觉样式中的显示，如图 13-34 所示。单击右格，可从下拉列表中选择“是”或“否”。改变后需用重生成命令“regen”查看结果。如果绘制真实轮廓（即系统变量“DISPSILH”取值为 1），在二维线框视觉样式中使用隐藏命令“hide”时，还将禁止显示网格，如图 13-34a 所示。如果不绘制真实轮廓（即系统变量“DISPSILH”取值为 0），在二维线框视觉样式中使用隐藏命令“hide”时，将显示网格，如图 13-34b 所示。



图 13-34 是否绘制真实轮廓

a) 绘制真实轮廓使用隐藏命令“hide”后 b) 不绘制真实轮廓使用隐藏命令“hide”后

（2）二维隐藏—被阻挡线

颜色：设置隐藏线的颜色。单击右格，可从下拉列表中选择颜色，若选择“选择颜

色…”，则打开“选择颜色”对话框，从中选择隐藏线颜色。在下面的“线型”选择非“关”时，用消隐命令“hide”查看结果。

线型：设置隐藏线的线型。单击右格，可从下拉列表中选择线型，但若选择“关”，将不显示隐藏线。选择非“关”时，可用消隐命令“hide”查看结果，如图 13-35 所示。

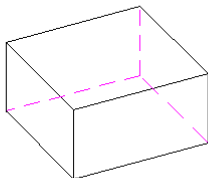


图 13-35　设置隐藏线的线型（颜色“洋红”，线型“划”，应用消隐命令“hide”后）

（3）二维隐藏—相交边

显示：控制视觉样式设置为“二维线框”时三维曲面相交处的交线的显示，如图 13-36 所示。单击右格，可从下拉列表中选择“是”或“否”。选择后可用消隐命令“hide”查看结果。

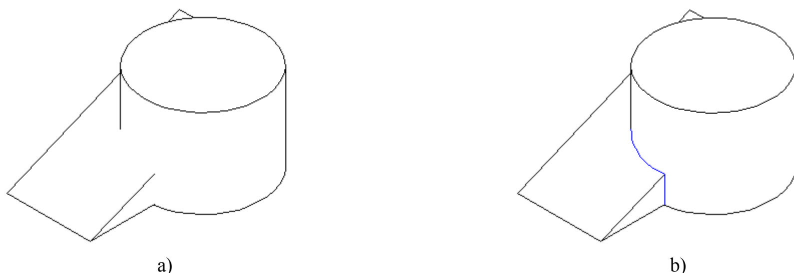


图 13-36　相交边

a) 相交边不显示　b) 相交边显示

颜色：控制视觉样式设置为“二维线框”时三维曲面交线处的交线的颜色。单击右格，可从下拉列表中选择颜色，若选择“选择颜色…”，则打开“选择颜色”对话框，从中选择交线颜色。在上面的“显示”选择“是”时，可用消隐命令“hide”查看结果。

（4）二维隐藏 — 其他

光晕间隔%：指定一个对象被另一个对象遮挡时显示的间隔，如图 13-35 所示。这是设置系统变量“HALOGAP”的值，有效值为 0～100 的整数。图 13-37 是在相交边可见，应用消隐命令“hide”的结果。（“HALOGAP”仅在二维视图中可用。在三维视图中，将使用“VSHALOGAP”系统变量）。

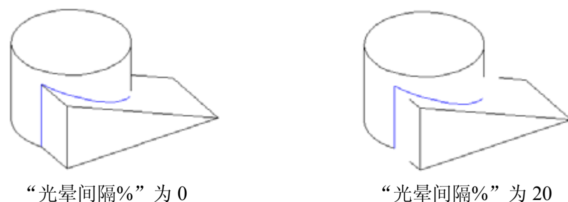


图 13-37　光晕间隔

（5）显示精度

圆弧/圆平滑化：设置圆、圆弧、样条曲线和多段线弧的平滑度外观，如图 13-38 所示。单击右格，可改变平滑度值，有效值为 0～20000 的整数。平滑度改变后可用重生成命令“regen”查看效果（此处改变平滑度相当于在命令行执行命令“viewers”，“viewers”使用短矢量控制圆、圆弧、样条曲线和多段线弧的外观。矢量数目越大，圆或圆弧的外观越平滑。读者可从命令行试之）。



图 13-38　圆弧/圆平滑化

a）“圆弧/圆平滑化”为 10，“实体平滑度”为 2　b）“圆弧/圆平滑化”为 100，“实体平滑度”为 2

样条曲线线段：设置一条多段线通过使用多段线编辑命令“pedit”命令的“样条曲线”选项后，生成的线段数目。单击右格，可改变其值。取值范围为–32768～32767 之间的非零整数。如果取负值，则将使用该值的绝对值生成线段，然后将拟合类型的曲线应用到这些线段。拟合类型的曲线使用圆弧作为近似线段。指定的线段数少时，使用弧线生成的曲线较平滑，但生成曲线的时间也较长。

实体平滑度：调整着色对象和删除了隐藏线的对象的平滑度，如图 13-39 所示。单击右格，可改变其值。有效值范围为 0.01～10。

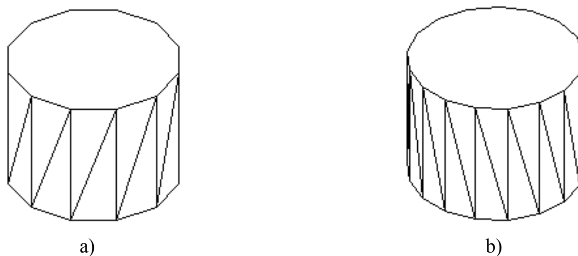


图 13-39　实体平滑度

a）“圆弧/圆平滑化”为 10，“实体平滑度”为 0.5　b）“圆弧/圆平滑化”为 10，“实体平滑度”为 4



第 14 章 视　　口

14.1 多视口概念

在模型空间（在绘图区的左下角选中“模型”标签）中，可以用多视口展示图形的不同视图。所谓多视口，是用“vports”（或“viewports”）命令把整个屏幕绘图区分成多个单独互不重叠的矩形绘图区域，每一个区域就是一个视口。图 14-1 就是在模型空间显示了四个视口的视图。

每个视口都能保持当前图形的显示，而独立于其他视口的显示。用户可以用其中一个视口来显示整个图形，而用另外的视口去更详尽地显示图形的某一特定部分，或者使用不同的视觉样式。在大型或复杂的图形中，显示不同的视图可以缩短在单一视图中缩放或平移的时间。一个视口中的视图可以采用与其他视口不同的视角。图 14-1 就是用四个视口显示一个三维模型的四个视图：主视图、俯视图、左视图和轴测图。

在模型空间上的多视口充满整个绘图区域并且互不重叠。多个视口显示的图形是同一模型的多个视图。某个对象如果在某一个视口中被修改，其他视口的图形也改变，因此在一个视图中出现的错误可能会在其他视图中表现出来。

使用多个视口时，处于活动状态的视口为当前视口，在当前视口中才能绘图和修改。当前视口中的光标为十字而不是箭头，并且视口边缘加粗亮显。只要不是正在执行“视图”命令，可以随时切换当前视口。将一个视口置为当前视口的方法是，在该视口中单击鼠标左键，或者按〈Ctrl+R〉组合键遍历现有视口。

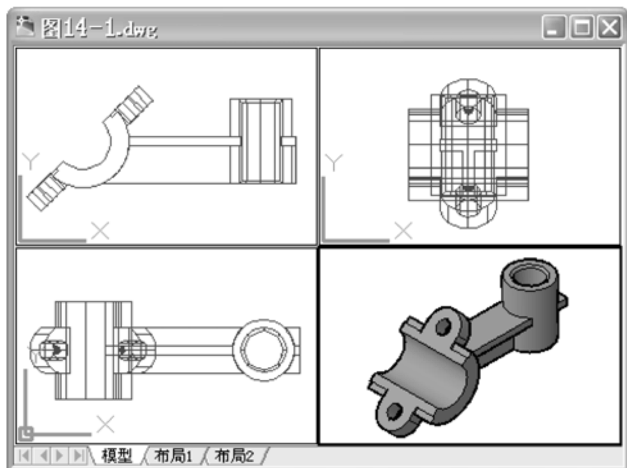


图 14-1　在模型空间显示四个视口的视图

在每一个模型空间视口，可以完成以下操作：

对图形单独平移、缩放、设定捕捉栅格和 UCS 图标模式以及恢复命名视图。

在一个视口中设置与其他视口中不同的坐标系方向，单独保存用户坐标系。

执行绘图命令时，可以从一个视口绘制到另一个视口。例如，要使用两个模型空间视口绘制直线，先在当前视口指定起点，再单击另一个视口将其置为当前，然后在第二个视口中指定该直线的端点。在大的图形中，可以使用此方法从一个角点的细节处到另一个较远角点的细节处绘制一条直线。

可为当前视图的视口排列命名并保存，不必在每次需要视口和视图时都设置他们。其意义是在必要时按名称将其恢复，或者将其插入布局选项卡。与视口排列一起保存的设置包括：视口的编号和位置，视口包含的视图，每个视口的栅格和捕捉设置，每个视口的 UCS 图标显示设置。

可全局控制所有视口中的图层的可见性。如果在某一个视口中关闭了某一图层，就会关闭所有视口中的相应图层。

14.2 在模型空间中创建多视口

14.2.1 多视口命令

由于在模型空间创建的命名视口可用于图纸空间，因此先讨论在模型空间创建多视口。创建多视口的命令输入方式有：

- 命令：vports ↙ 或 viewports ↙
- 工具栏：视口 或 布局→显示“视口”对话框
- 下拉菜单：视图(V) →视口(V) →新建视口或命名视口
- 功能区：三维建模空间→“视图”选项卡→“视口”面板→已命名 或 新建

命令输入后将显示“视口”对话框，如图 14-2 所示。该对话框有两个选项卡：

1.“新建视口”选项卡

该选项卡包括以下几个部分：

1）“新名称(N)”文本框：用于输入新创建的平铺视口的名称。输入名称后，单击“确定”按钮，即完成一个视口配置的命名并保存。再次打开“视口”对话框，在“命名视口”选项卡中将显示其名称。

2）“标准视口(V)”列表框：列出了可用的标准视口配置。其中包括一个“活动模型配置”项，表示当前的视口配置。若想采用哪一种标准视口配置，只要单击选中它，再单击“确定”按钮即可。



注意 采用的视口配置要和“应用于(A)”、“设置(S)”、“修改视图(C)”及“视觉样式(T)”下拉列表框结合使用。

3）“预览”栏：显示用户所选视口配置以及已赋给每个视口的默认视图的预览图像。

4）“应用于(A)”下拉列表，有两个选项：

显示：将所选的视口配置用于“模型”选项卡中的整个显示区域，这是默认选项。



a)　　　　b)

图 14-2　模型空间“视口”对话框

a)“视口”对话框“新建视口”选项卡　b)“视口”对话框“命名视口”选项卡

当前视口：将所选的视口配置仅用于当前视口（即应用于边界加粗亮显的视口）。

5）“设置(S)”下拉列表：用于指定使用二维还是三维设置。如果选择“二维”，则在所有视口中使用当前视图来创建新的视口配置。如果选择“三维”，在“修改视图(C)”下拉列表中将有 6 个标准平面视图和 4 个轴测视图可被应用到视口配置中。

6）“修改视图(C)”下拉列表：从下拉列表中选择视图，替换“预览”栏中选定视口中的视图。可以选择已命名的视图，如果已在“设置(S)”下拉列表中选择了“三维”，也可从 6 个标准平面视图和 4 个轴测视图列表中选择。在预览区域可查看选择的视口配置。

7）“视觉样式(T)”下拉列表：从下拉列表中选择视觉样式，应用到视口。

设置完成后，单击“确定”按钮，屏幕即被分成多个视口。

2.“命名视口”选项卡

1）“当前名称”：显示当前视口配置的名称。

2）“命名视口(N)”列表框：显示图形中任何已保存的命名视口配置的列表。选择了一个视口配置后，该视口配置的布局情况将显示在预览框中，再单击“确定”按钮，该视口配置显示在屏幕上。

若要删除或重命名已命名的视口配置，在一个视口配置名上单击鼠标右键，从弹出的菜单中单击“删除”或“重命名”即可。

3）“预览”栏：显示用户所选命名视口配置的预览图像。

14.2.2 从命令行创建视口

在命令行输入命令“-vports”（vports 前面添减号“–”），将从命令行创建新视口或对已有视口修改。命令的输入方式有：

- 命令：-vports ↙

命令输入后的主提示为：

输入选项 [保存(S)/恢复(R)/删除(D)/合并(J)/单一(SI)/?/2/3/4] <视口个数>: *直接回车默认当前视口个数或输入选项关键字回车*

1．保存(S)

保存当前的视口配置。接下来提示：

输入新视口配置的名称或[?]: *输入当前的视口配置名称回车结束命令 或 输入“?”回车*

如果输入？回车，是列出已保存的视口配置名称及屏幕位置。参看后面的“6.？”。

2．恢复(R)

在当前视图恢复已经保存的视口配置。接下来提示：

输入要恢复的视口配置名或[?]: *输入已有的视口配置名称回车结束命令 或 输入？回车*

如果输入“？”回车，是列出已保存的视口配置名称及屏幕位置。参看后面的“6.？”。


注意　恢复已经保存的视口配置也可在“视口”对话框的“命名视口”选项卡中，从“命名视口(N)”区选择一个已经保存的视口配置名称，然后单击“确定”按钮。

3．删除(D)

删除已命名的视口配置。接下来提示：

输入要删除的视口配置名<无>: *输入已有的视口配置名称回车删除该视口，或 直接回车不删除视口*

4．合并(J)

将两个邻接的视口合并为一个较大的视口。两个视口必须共用一条长度相同的边，得到的视口将继承主视口（要保留的视图的视口）的视图。

选择主视口<当前视口>: *在作为主视口的视口上单击鼠标左键 或 直接回车以当前视口作为主视口*

选择要合并的视口：*在要合并到主视口的视口上单击鼠标左键*

合并视口也可用下面的方法之一：

1）单击“视口”工具栏上的按钮，再从命令行回答提示。

2）选择“视图(V)”下拉菜单的“视口(V)”子菜单的菜单项“合并(J)”，再从命令行回答提示。

3）单击三维建模工作空间的功能区的“视图”选项卡的“视口”面板的“合并”按钮，再从命令行回答提示。

图 14-3 是将图 14-1 的上面两个视口合并（左上角视口为主视口）的效果。

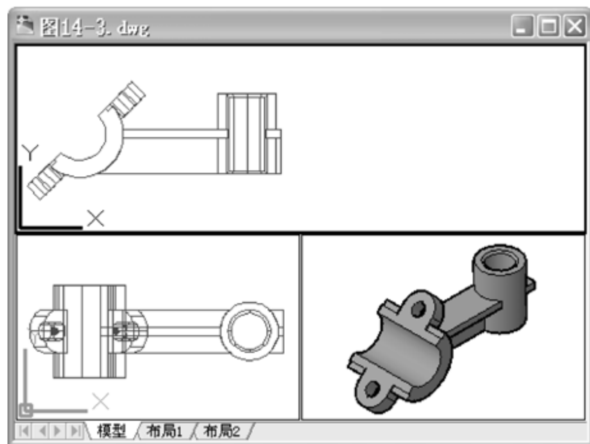


图 14-3　合并视口

5．单一(SI)

将图形返回到单一视口的视图中，该视图使用当前视口的视图。对主提示输入 SI 回车即回到单一视口的视图。

返回到单一视口也可用下面的方法之一：

1）单击“视口”工具栏上的按钮□。

2）选择“视图(V)”下拉菜单“视口(V)”子菜单的菜单项“一个视口(1)”。

3）单击三维建模工作空间的功能区的“视图”选项卡的“视口”面板的下拉菜单 视口配置列表，从中选择“单个”。

6．?

列出已保存的视口配置名称及视口屏幕位置，显示活动视口的标识号。

输入要列出的视口配置的名称 <*>: *直接回车列出所有视口的名称及屏幕位置，输入已有视口名称列出该视口的屏幕位置*

视口的屏幕位置通过它的左下角点和右上角点定义。对于这些角点，将使用 0.0，0.0（表示绘图区域的左下角点）和 1.0，1.0（表示右上角点）之间的值。首先列出的是当前视口。

7．“2”选项

将当前视口拆分为相等的两个视口。接下来提示：

输入配置选项 [水平(H)/垂直(V)] <当前拆分方式>: *输入“H”回车将当前视口拆分为上、下两个视口 或 输入“V”回车将当前视口拆分为左、右两个视口 或 直接回车默认当前拆分方式*

图 14–4 是将图 14–1 的左上角视口垂直拆分为两个视口的效果。

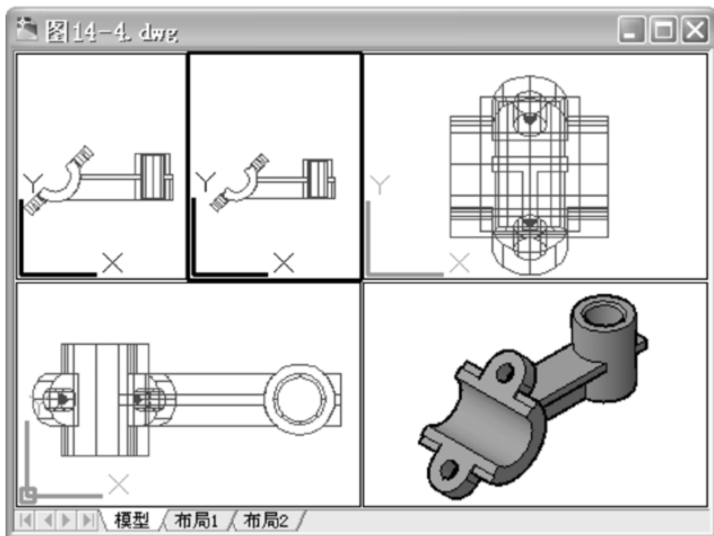


图 14–4　将视口垂直拆分

8．“3”选项

将当前视口拆分为三个视口。接下来提示：

输入配置选项 [水平(H)/垂直(V)/上(A)/下(B)/左(L)/右(R)] <当前拆分方式>: *输入“H”回车将当前视*

口拆分为上、中、下三视口 或 输入“V”回车将当前视口拆分为左、中、右三视口 或 直接回车默认当前拆分方式 或 输入“A”（“B”、“L”、“R”）回车将当前视口拆分为三视口，较大视口在上边（在下边、在左边、在右边）

9．“4”选项

将当前视口拆分为大小相同的四个视口。

拆分当前视口也可用如下两个方法之一：

1）打开“视图(V)”下拉菜单的“视口(V)”子菜单，选择菜单项“两个视口(2)”或“三个视口(3)”或“四个视口(4)”，再从命令行回答提示。

2）打开“视口”对话框，在“新建视口”选项卡中，从“标准视口(V)”区选择“两个：垂直”或“两个：水平”……“四个：相等”之一，从“应用于(A)”下拉列表中选择“当前视口”，再单击“确定”按钮。

如果单击三维建模空间“视图”选项卡的“视口”面板上的下拉列表 视口配置列表，从中选择的视口个数是把整个视图分成几个视口，而不是把当前视口分割。

14.3　在图纸空间中创建浮动视口

在三维模型完成后，可从图纸空间输出其平面图形（如打印到纸上）。因此图面布局很重要。

在图纸空间（在绘图区的左下角选中“布局 x”选项卡）中，也可以设置多视口，但图纸空间的视口与模型空间的视口有很大区别：图纸空间的视口称作浮动视口，之所以称为浮动视口，是因为每一个浮动视口在图纸空间被作为一个图形对象对待；可根据需要确定浮动视口的大小和位置，可以相互重叠或者分离，如图 14-5 所示；可对其进行编辑操作，诸如复制、移动、旋转、比例缩放、擦除等。浮动视口同样可使各个视口展现模型的不同部分、不同的观察方向、不同的视觉样式等。

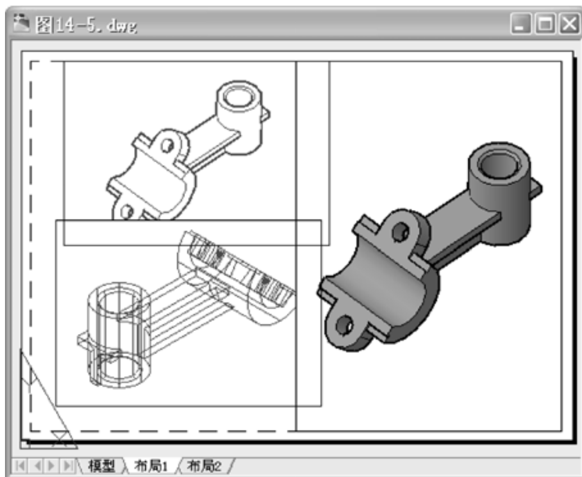


图 14-5　多个视口展现对模型的不同观察方向

此外，从浮动视口可直接进入浮动模型空间（参见 14.3.2 节），使得每个视口中的视图可以独立编辑、画成不同的比例、冻结和解冻特定的图层、给出不同的标注或注释等。

正是因为浮动视口有许多灵活的特性，所以在准备图形输出时，在每一个“布局”选项卡下，可以根据需要建立多个浮动视口，从而使得一张图有不同的输出结果。



当处于图纸空间（在“布局”选项卡下），状态行会有“最大化视口”按钮，单击该按钮可把浮动视口最大化。当有多个视口时，浮动视口最大化后其两边箭头可用，单击箭头，可最大化前一个视口或最大化下一个视口。

14.3.1 创建浮动视口的“视口”对话框

在图纸空间（即处于“布局”选项卡时），创建浮动多视口的命令输入方式与在模型空间一样。但打开的“视口”对话框有一些不同：“新名称”文本框变为“当前名称”，“应用于”下拉列表框变为“视口间距”，而其余都一样。“当前名称”显示当前视口配置的名称。“视口间距”用于控制各浮动视口之间的间距。

下面以在图纸空间创建四个浮动视口为例，说明其步骤。

1）单击“布局 x”选项卡，进入图纸空间。在默认情形下，会自动形成一个视口。用户可以保留该视口，进行缩放、移动等修改操作；也可将该视口擦除，重新创建多视口。这里把自动形成的视口用“erase”命令擦除。

2）打开“视口”对话框，选择“新建视口”对话框。在“标准视口(V)”列表框，单击“四个：相等”，“预览”栏会出现四个视口；在“视口间距(A)”输入“5”，在“设置(S)”下拉列表选择“三维”；在“预览”栏的预览图上单击，从“修改视图(C)”下拉列表选择视图，再从“视觉样式(T)”下拉列表选择“三维线框”。单击“确定”按钮，关闭“视口”对话框。

3）回答命令行提示：关闭“视口”对话框后命令行提示：

指定第一个角点或 [布满(F)] <布满>: *输入一个点 或 直接回车*

若输入一个点，接下来继续提示“指定对角点:”，其作用是在图纸上确定一个矩形的两个对角点，在矩形中均匀分布四个视口。

若直接回车，矩形最大，其边界与图纸的边界（虚线框）重合，同时均匀分布四个视口。图 14-6 就是按这种方法创建的多视口。

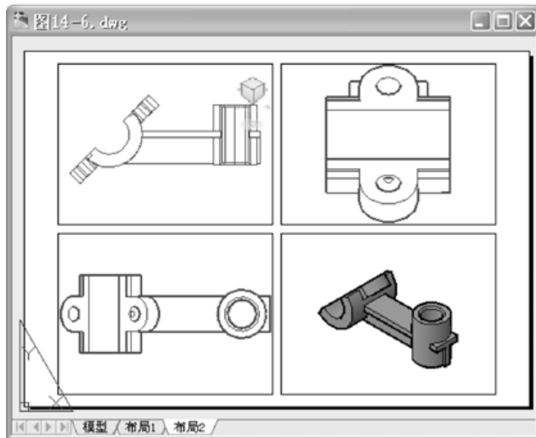


图 14-6 “布局 2”上的四个浮动视口

14.3.2 浮动视口和浮动模型空间之间的切换

在模型空间中绘制的图形对象会显示在图纸空间的浮动视口中，但这些图形对象不能直接修改。如果要修改在模型空间中的图形对象，有两种方法，一是切换到“模型”选项卡修改；二是直接从浮动视口进入浮动模型空间（为区别于“模型”选项卡下的模型空间，称其为浮动模型空间）修改。在不需要做大的修改时，后一种方法很有用。

在浮动视口和浮动模型空间之间切换的方式如下。

1）对于一个浮动视口，用鼠标双击该视口，这时该视口的边界变粗，该视口成为当前视口，即进入了浮动模型空间。在浮动模型空间，如同在模型空间一样，可对模型空间的图形对象进行绘制、修改。而由浮动模型空间要切换到图纸空间（即回到浮动视口状态），用鼠标双击浮动模型空间外的任何地方。

2）单击状态栏上的模型按钮或图纸按钮来切换。当通过此方法由浮动视口进入浮动模型空间时，最后活动的视口成为当前视口。

3）在命令行输入命令“mspace”（model space：模型空间）从浮动视口切换到浮动模型空间；在命令行输入命令“pspace”（paper space：图纸空间）从浮动模型空间切换到浮动视口。

14.3.3 从命令行创建浮动视口

当处于“布局”选项卡时，从命令行也可以创建新的浮动视口。命令的输入方式有：

- 命令：-vports ↙ 或 mview ↙
- 工具栏：视口→□单个视口
- 下拉菜单：视图(V) →视口(V) →一个视口(1)

命令输入后的主提示为：

指定视口的角点或 [开(ON)/关(OFF)/布满(F)/着色打印(S)/锁定(L)/对象(O)/多边形(P)/恢复(R)/图层(LA)/2/3/4] <布满>: *输入一点 或 输入一个选项的关键字回车 或 直接回车*

该提示的各选项说明如下：

1．指定视口的角点

指定对角的两个点来创建一个新视口。输入一点后接下来提示：

指定对角点: *输入一点*

这时由指定两点定义的矩形区域的视口即被创建，并充满该区域。

2．开(ON)/关(OFF)

打开视口并使视口中的对象可见（不可见）。选择了此选项后，接下来对“选择对象:”的提示选择视口边界，所有被选中视口中的对象都可见（不可见）。注意，如果使视口中的对象不可见，则不能使这个视口成为当前视口。

3．布满(F)

创建布满到布局的可打印区域边缘的视口。如果关闭图纸背景和可打印区域，视口将布满显示区域。

4．着色打印(S)

指定如何打印布局中的视口。选择此选项后提示：

是否进行着色打印? [按显示(A)/线框(W)/隐藏(H)/视觉样式(V)/渲染(R)] <按显示>: *输入着色打印选项*

按显示：指定视口按显示的方式打印。

线框：指定视口按线框打印，而不考虑当前的显示方式。

消隐：指定视口打印时不打印三维对象的隐藏线，而不考虑当前的显示方式。

视觉样式(V)：指定视口打印时使用的视觉样式，而不论该视觉样式是否正在使用。接下来提示：

输入选项 [线框(W)/隐藏(H)/真实(R)/概念(C)/着色(S)/带边缘着色(E)/灰度(G)/勾画(SK)/X 射线(X)/其他(O)] <真实>: *输入一个选项的关键字回车*

渲染：指定视口打印时的打印质量，而不考虑当前的显示方式。接下来提示：

指定渲染预设 [当前(C)/草稿(D)/低(L)/中(M)/高(H)/演示(P)/其他(O)] <当前>: *输入一个选项的关键字回车 或 直接回车*

在回答了打印方式后，接下来对“选择对象:”的提示选择一个或多个视口边界。打印出图的效果可用预览命令“preview”查看。

5．锁定(L)

锁定所选视口，禁止修改选定视口中的缩放比例因子。接下来提示：

视口视图锁定 [开(ON)/关(OFF)]: *输入“ON”回车视口中的视图锁定，输入“OFF”回车视口中的视图不锁定*

接下来对“选择对象:”的提示选择视口边界，被选中视口中的视图锁定（或不锁定）。

6．对象(O)

将绘制在图纸空间（布局）中具有封闭形状的对象，如多段线、椭圆、样条曲线、面域和圆转换成视口边界，来创建不规则形状的视口，选定的多段线必须是闭合的且至少具有三个顶点。多段线可由弧线段和直线段组成且可以是自交的。选择此选项后提示：

选择要剪切视口的对象: *选择一个对象*

将封闭形状的对象转换为视口也可用下面的方法之一：

1）单击“视口”工具栏上的按钮。

2）选择“视图(V)”下拉菜单的“视口(V)”子菜单的菜单项“对象(O)”。

3）单击三维建模工作空间的功能区的“视图”选项卡的“视口”面板的“从对象创建”。

7．多边形(P)

要求指定一些点，用点之间的直线或圆弧作为边界创建不规则形状的视口。选择此选项后提示：

指定起点: *输入一点*

指定下一点或 [圆弧(A)/长度(L)/放弃(U)]: *输入一点 或 输入一个选项关键字回车*

……

指定下一点或 [圆弧(A)/闭合(C)/长度(L)/放弃(U)]: *↙*

“指定下一点”是默认选项；“圆弧(A)”的作用是转为画圆弧方式；“闭合(C)”的作用是使多边形闭合；“长度(L)”的作用是按长度指定下一点，在画圆弧方式时“L”选项是“直线(L)”，即转回到画直线方式；“放弃(U)”的作用是取消刚输入的一点。

将封闭形状的对象转换为视口也可用下面的方法之一：

1）单击“视口”工具栏上的按钮。

2）选择“视图(V)”下拉菜单的“视口(V)”子菜单的菜单项“多边形视口(P)”。

3）单击三维建模工作空间的功能区的“视图”选项卡的“视口”面板的“创建多边形”。

8．恢复(R)

恢复以前保存的视口配置，包括已保存的模型空间的视口配置。选择此选项后提示：

输入视口配置名或[?]<*ACTIVE>: *直接回车 或 输入视口配置名称 或 输入“?”回车*

直接回车将使当前模型空间正在显示的视口配置作为图纸空间的视口配置。输入视口配置名称将使以前保存的视口配置作为这里图纸空间的视口配置。输入“?”回车将列出所有视口的名称及屏幕位置。对于前两者，接下来提示：

指定第一个角点或[布满(F)]<布满>: *直接回车 或 输入“F”回车 或 输入一点*

直接回车或输入“F”回车将使视口配置布满布局。输入一点后将在由两点定义的矩形内恢复视口配置，接下来提示：

指定对角点: *输入一点*

9．图层(LA)

将选定视口的图层特性替代重置为他们的全局图层特性。接下来提示：

是否将视口图层特性替代重置为全局特性？[是(Y)/否(N)]: *输入“Y”、“N”之一回车*

10．“2”选项

将指定的布局区域水平或垂直划分为两个大小相等的视口，与选择“视图(V)”下拉菜单“视口(V)”子菜单的菜单项“两个视口(2)”一样。接下来提示：

输入视口排列方式[水平(H)/垂直(V)]< 当前拆分方式>: *输入“H”回车将指定的布局区域拆分为上、下两个视口 或 输入“V”回车将指定的布局区域拆分为左、右两个视口 或 直接回车默认当前拆分方式*

指定第一个角点或[布满(F)]<布满>: *直接回车 或 输入“F”回车 或 输入一点*

直接回车或输入“F”回车将使两个视口布满布局。输入一点是在由两点定义的矩形内创建两个视口，接下来提示：

指定对角点: *输入一点*

11．“3”选项

将指定的布局区域划分为三个视口，与选择“视图(V)”下拉菜单“视口(V)”子菜单的菜单项“三个视口(3)”一样。接下来提示：

输入视口排列方式[水平(H)/垂直(V)/上(A)/下(B)/左(L)/右(R)]<当前拆分方式>: *直接回车默认当前拆分方式 或 输入“H”回车将指定的布局区域拆分为上、中、下三视口 或 输入“V”回车将指定的布局区域拆分为左、中、右三视口 或 输入“A（B、L、R）”回车将指定的布局区域拆分为 3 个视口，较大视口在上边（在下边、在左边、在右边）*

指定第一个角点或[布满(F)]<布满>: *直接回车 或 输入“F”回车 或 输入一点*

直接回车或输入“F”回车将使三个视口布满布局。输入一点是在由两点定义的矩形内创建三视口，接下来提示：

指定对角点: *输入一点*

12. “4”选项

将指定的布局区域拆分为大小相同的四个视口，与选择“视图(V)”下拉菜单的“视口(V)”子菜单的菜单项“四个视口(4)”一样。接下来提示：

指定第一个角点或[布满(F)]<布满>: *直接回车 或 输入“F”回车 或 输入一点*

直接回车或输入“F”回车将使四个视口布满布局。输入一点是在由两点定义的矩形内创建四个视口。

14.3.4 布局视口剪裁

命令“vpclip”可剪裁布局视口对象并调整视口边框的形状。可以选择现有对象作为新边界，也可以绘制新边界。

命令的输入方式有：

- 命令：vpclip ↙
- 工具栏：视口→裁剪现有视口
- 功能区：三维建模工作空间→“视图”选项卡→“视口”面板→裁剪
- 快捷菜单：选择要剪裁的视口，在布局区域内单击鼠标右键，从右键菜单中选择“视口剪裁”

命令输入后的提示为：

选择要剪裁的视口：*选择要剪裁的视口*

选择剪裁对象或[多边形(P)]<多边形>: *选择剪裁对象 或 直接回车或输入“P”回车*

“选择剪裁对象”的作用是选择可作为剪裁边界的对象。可作为剪裁边界的对象包括闭合多段线、圆、椭圆、闭合样条曲线和面域等。一旦选择剪裁对象，视口即被剪裁，命令结束。如果对提示直接回车或输入“P”回车将绘制由直线段或圆弧段组成的剪裁边界。接下来提示：

指定起点：*输入一点*

指定下一个点或 [圆弧(A)/长度(L)/放弃(U)]: *输入一点 或 输入选项关键字回车*

指定下一个点或 [圆弧(A)/闭合(C)/长度(L)/放弃(U)]: *输入一点 或 输入选项关键字回车*

……

指定下一个点或 [圆弧(A)/闭合(C)/长度(L)/放弃(U)]:

以上的操作过程与二维多段线命令“pline”绘制多段线类似：“指定下一个点”的作用是逐段画直线；“圆弧(A)”的作用是转为用各种画圆弧方式画圆弧段；“闭合(C)”的作用是所画边界闭合；“长度(L)”的作用是按当前切线方向按指定的长度画直线；“放弃(U)”的作用是放弃刚画的直线段或圆弧段。

如果在选择要剪裁的视口时，选择了已经剪裁的视口，接下来的提示还有一个选项“删除(D)”，应用该选项，则原来的剪裁边界被删除，而应用新的矩形剪裁边界。

图 14-7 的左上角的视口是在图 14-6 的左上角的视口上画一个椭圆，然后对命令“vpclip”的“选择剪裁对象或[多边形(P)]<多边形>:”的提示选择椭圆后得到的。图 14-7 的左下角的视口是在图 14-6 的左下角的视口上应用提示“选择剪裁对象或[多边形(P)]<多边形>:”的“多边形”选项后得到的。

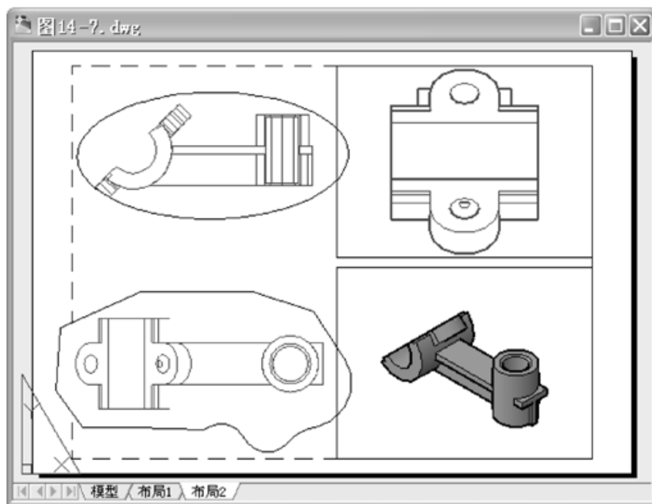


图 14-7　剪裁视口

14.4　在布局中创建三维实体的二维轮廓图

在图纸空间的布局视口中，可由“solprof”命令创建三维实体的二维轮廓图。要使用“solprof”命令，首先进入图纸空间，即进入一个布局中，如图 14-8 所示；然后进入浮动模型空间，如图 14-9 所示。接下来输入“solprof”命令。命令的输入方式有：

- 命令：solprof ↙
- 下拉菜单：绘图(D) →建模(M) →设置(U) → 轮廓(P)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“建模”面板→ 建模 ▾ → 实体轮廓

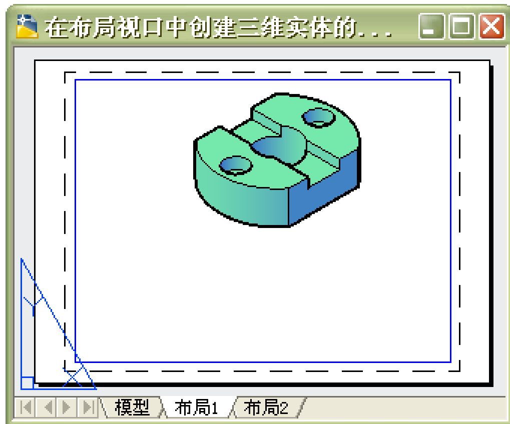


图 14-8　进入图纸空间

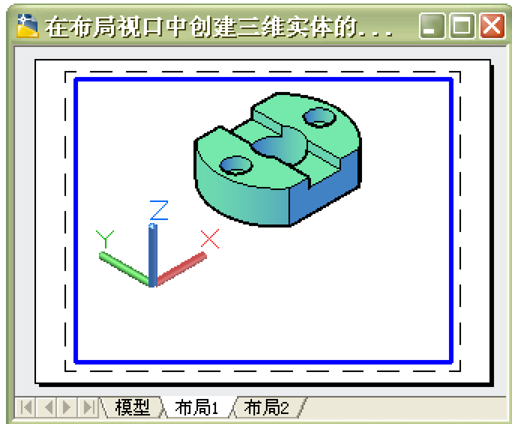


图 14-9　进入浮动模型空间

命令输入后命令行提示：

选择对象：*选择三维实体*

……

选择对象：↙

是否在单独的图层中显示隐藏的轮廓线？[是(Y)/否(N)]<是>：*输入"Y"、"N"之一回车 或 直接回车*

是否将轮廓线投影到平面？[是(Y)/否(N)]<是>：*输入"Y"、"N"之一回车 或 直接回车*

是否删除相切的边？[是(Y)/否(N)]<是>：*输入"Y"、"N"之一回车 或 直接回车*

已选定 × 个实体。

命令结束后，选定的三维实体将被投影至与当前布局视口平行的二维平面上，二维投影图在隐藏线和可见线的独立图层上生成，且仅显示在该视口中，如图 14-10 所示（已经将二维图和三维图移动开）。

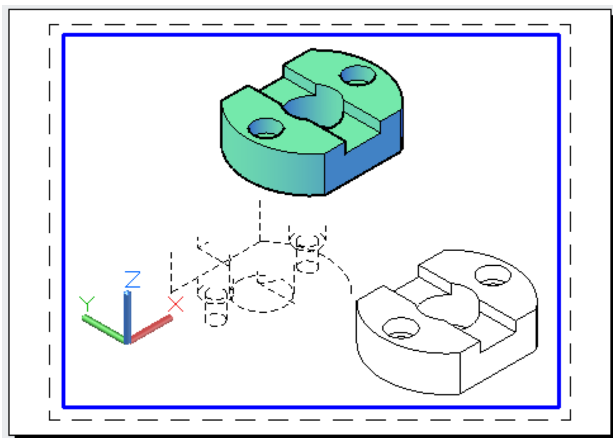


图 14-10　显示在布局视口中的三维实体的二维轮廓图

对于提示的回答详述如下：

1）是否在单独的图层中显示隐藏的轮廓线？[是(Y)/否(N)]<是>：

① 如果回答"是"，由"solprof"命令创建三维实体的二维轮廓图时，会自动生成两个块：一个用于全部三维对象的可见直线，另一个用于全部三维对象的隐藏线。生成隐藏线时，如果三维实体之间有遮挡，实体可以部分或完全隐藏其他实体。绘制可见轮廓块时使用的线型为"BYLAYER"；绘制隐藏轮廓块时使用的线型为"HIDDEN"（如果当前图形已经加载线型"HIDDEN"），否则，线型为"BYLAYER"。可见线和隐藏线的块放在按如下命名约定命名的图层上。

"PV-"视口句柄：用于可见的轮廓图层。

"PH-"视口句柄：用于隐藏的轮廓图层。

例如，若在句柄为"31E7"的视口中创建轮廓图，包含可见线的块将插入到图层"PV-31E7"中，包含隐藏线（如果需要）的块将插入到图层"PH-31E7"中。如果这些图层不存在，该命令将创建他们。如果这些图层已经存在，块将添加到图层上已经存在的信息中。



注意　要确定查询视口句柄，请在图纸空间中的一个布局选项卡上选择该视口（边界）并使用"list"命令。

“solprof”不改变图层的显示；如果仅要查看已经创建的轮廓线，应关闭包含原实体的图层（通常为当前图层）。

② 如果回答“否”，将把所有轮廓线当做可见线，并且为每个选定实体的轮廓线创建一个块。不管是否被另一实体全部或部分遮挡，都将创建选择集中每一实体的所有轮廓线。用与原实体同样的线型绘制可见的轮廓块，并且放在一个按“是”选项中描述的命名规则唯一命名的图层（即“PV-视口句柄”图层）上。按此操作，图 14-10 中的实体所生成的块如图 14-11 所示。

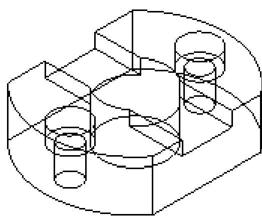


图 14-11　把实体的所有轮廓线当做可见线创建一个块


注意

如果要删除隐藏线，则相互重叠的实体（共用某些公用部分）将会产生悬垂边，如图 14-12 所示。这是因为，必须在边进入另一实体的点处将这些边断开，以便能把他们区分为可见和隐藏。在生成轮廓之前对重叠的实体进行合并操作（使用“union”命令）可以消除不固定边。

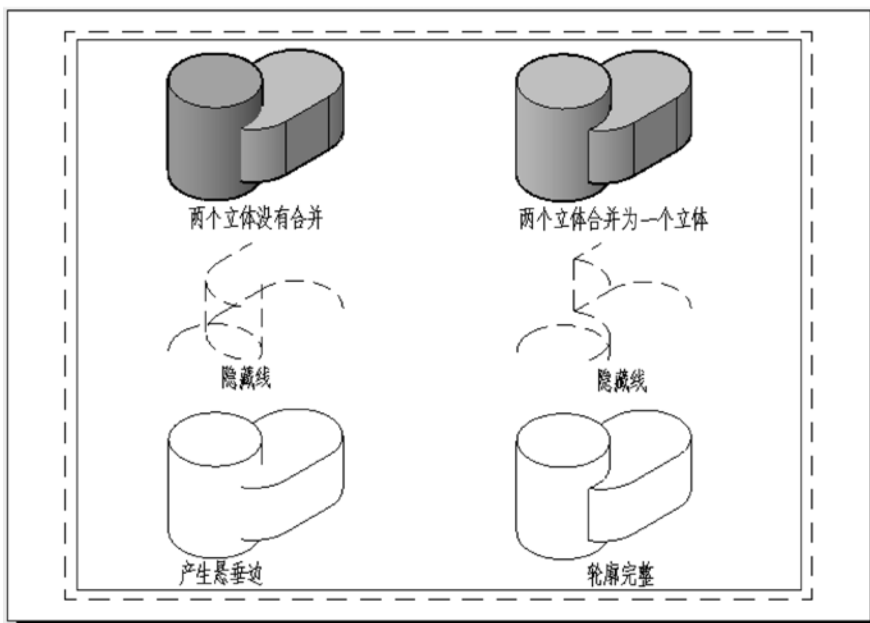
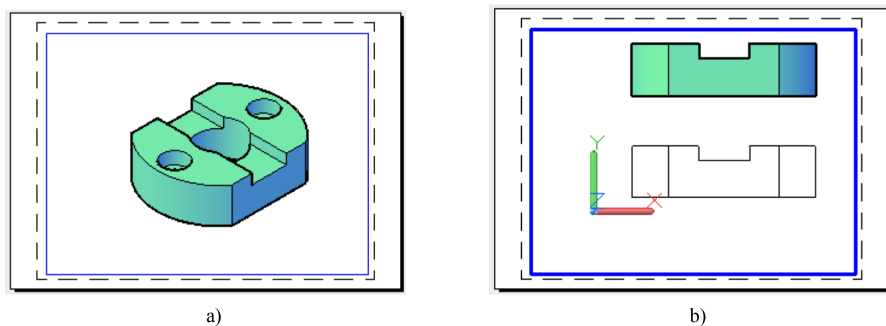


图 14-12　悬垂边的处理（已经将隐藏线和可见线从三维图移出并分开）

2）是否将轮廓线投影到平面？[是(Y)/否(N)]<是>:

① 如果回答“是”，由“solprof”命令使用二维对象创建轮廓线。三维轮廓被投影到一个与观察方向垂直并且通过 UCS 原点的平面上，是一个平面图形。通过消除平行于观察方

向的线，以及将在侧面观察到的圆弧和圆转换为直线，“solprof”可以清理二维轮廓，图 14-13 的右图是从立体的侧面使用“solprof”命令而得到的二维图。



a)　　　　b)

图 14-13　清理二维轮廓

a) 三维对象　b) 从立体的侧面使用“solprof”命令得到二维图

② 如果回答“否”，由“solprof”命令将用三维对象创建轮廓线，得到一个空间三维图形。

3）是否删除相切的边? [是(Y)/否(N)] <是>:

回答“是”与“否”确定是否显示相切边，如图 14-14 所示。

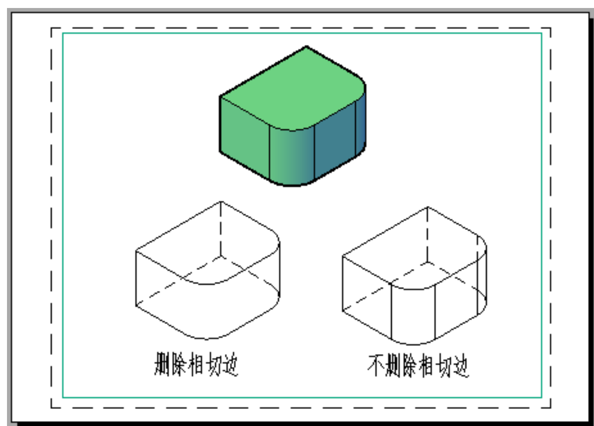


图 14-14　是否删除相切边

相切边是指两个相切面之间的分界边，它只是一个假想的两面相交并且相切的边。如图 14-14 所示，如果要将长方体的棱做成圆角，将在圆柱面与平面结合的地方创建相切边。大多数图形应用程序都不显示相切边。

14.5　在布局中创建三维模型的投影视图

14.5.1　创建三维模型的投影视图的浮动视口

“solview”可自动为三维模型创建正交、辅助及截面的布局浮动视口。命令的输入方式有：

- 命令：solview ↙

- 下拉菜单：绘图(D) →建模(M) →设置(U) → 视图(V)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“建模”面板→ 建模 → 实体视图

命令“solview”必须在布局选项卡上运行。使其在布局选项卡上运行的方式有两种：

1）在当前处于“模型”空间时，单击“布局×”标签，进入图纸空间，再使用“solview”命令。

2）在“模型”选项卡下，直接输入“solview”命令，自动进入图纸空间。倘若目前已有多个布局，则最后一个活动的“布局 x”选项卡将成为当前“布局 x”选项卡。

图 14-15 是模型空间的三维实体，下面以创建其投影视图的浮动视口的过程，说明“solview”命令的执行过程及对各命令选项的操作方式。

进入“布局 1”选项卡（可采用以上两种方式之一），此时在布局上会创建一个浮动视口，使用删除命令“erase”删除该浮动视口，得到如图 14-16 所示的效果，为后面的操作做好准备。



图 14-15　模型空间的三维实体

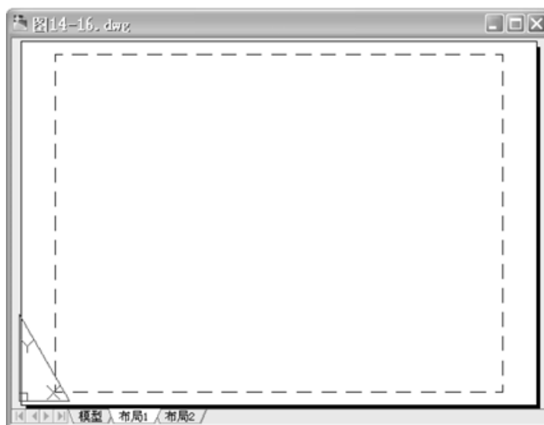


图 14-16　没有任何视口的布局

应用“solview”命令后命令行的主提示为：

输入选项 [UCS(U)/正交(O)/辅助(A)/截面(S)]: *输入选项关键字回车 或 直接回车退出命令*

1. UCS(U)

对主提示输入“U”回车，是创建相对于用户坐标系的三维模型的投影视图的视口。如果布局图形中不存在视口，“UCS(U)”选项是用于创建初始视口的好方法，其他视图的视口可以由此创建。“solview”命令的其他选项均需要现有视口。可以选择当前 UCS 或以前保存的坐标系。创建的视口中，UCS 的 XY 平面作为投影面，X 轴水平向右，而 Y 轴垂直向上。接下来提示：

输入选项 [命名(N)/世界(W)/?/当前(C)] <当前>: *输入选项关键字回车 或 直接回车*

1）直接回车或输入“C”回车，在创建的视口中，使用当前 UCS 的 XY 平面创建三维模型的投影视图的视口。接下来提示：

输入视图比例 <1>: *输入比例值或直接回车默认当前比例*

输入比例等同于用相对于图纸空间的比例缩放视口。接下来提示：

指定视图中心：*在布局内单击鼠标左键指定一点*

在模型空间（“模型”选项卡下）的视口中，对当前图形范围缩放后（即使用“zoom”命令的“范围(E)”选项后），有一个范围中心点。这里指定的视图中心，其作用就是将范围中心点放置在当前布局（“布局”选项卡）的位置。在布局中单击鼠标左键指定一点，图纸的边缘（即虚线框）变为粗线框，同时三维对象的轮廓显示出来，可能该点作为视图中心不一定合适，可以再指定另外的点，因此接下来的提示为：

指定视图中心 <指定视口>：*再次在布局内单击鼠标左键指定一点 或 直接回车*

如果在布局中单击鼠标左键指定一点，该提示会重复出现，让用户多次尝试指定点，直到指定的点作为满意的视图中心。每次指定下一点时都有橡皮筋连接上一个指定点，以区分与上一个点的位置。待指定的视图中心合适，对提示直接回车，接下来提示：

指定视口的第一个角点：*在布局内单击鼠标左键指定一点*

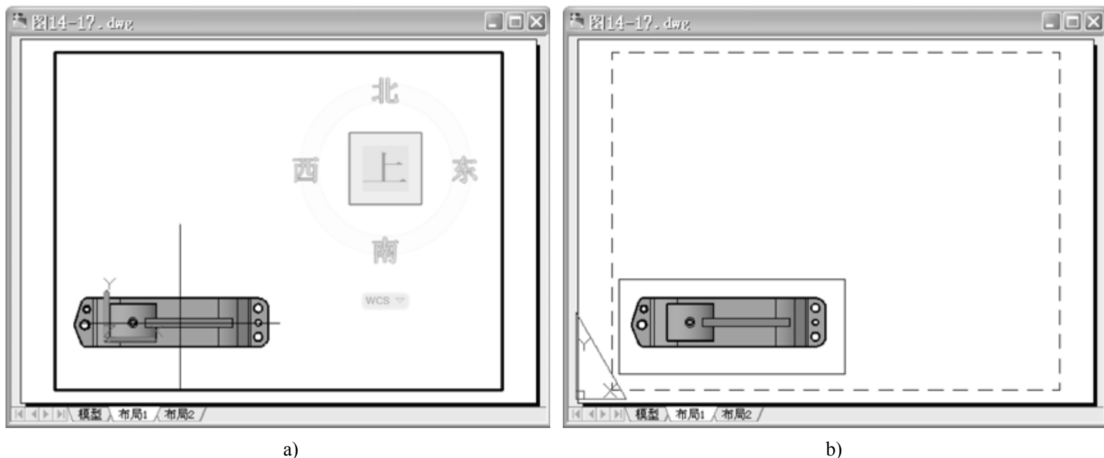
指定视口的对角点：*移动光标在布局内单击鼠标左键指定另一点*

指定的两点确定视口的大小。接下来提示：

输入视图名：*输入视图名*

视口创建完成，接下来回到主提示。如果不再创建其他视口，直接回车。

应用“solview”命令的“UCS(U)”选项，对提示“输入选项 [命名(N)/世界(W)/?/当前(C)] <当前>:”直接回车（本例的当前坐标系就是世界坐标系）；对“输入视图比例 <1>:”直接回车；对“指定视图中心:”，移动光标到布局的左下角单击鼠标左键指定一点，如图14-17a 所示；接下来再指定视口的两对角点，并输入视图名“a1”，创建第一个视口，如图14-17b 所示。



a)　　b)

图 14-17　应用 solview 命令的“UCS(U)”选项创建视口

a) 指定视口的视图中心　b) 创建的视口“a1”

2）输入“N”回车，在创建的视口中，使用先前已经用“ucs”命令创建且已经命名并保存的用户坐标系 UCS 的 XY 平面创建三维模型的投影视图的视口。接下来提示：

输入要恢复的 UCS 名：*输入现有的 UCS 名称回车*

接下来的提示与 1）所述一样，即：

输入视图比例 <1>:

指定视图中心:

指定视图中心 <指定视口>:

……

指定视图中心 <指定视口>:

指定视口的第一个角点:

指定视口的对角点:

输入视图名:

这些提示的回答方式与 1）所述一样，回答结束回到主提示。

3）输入“W”回车，将在创建的视口中，使用世界坐标系 WCS 的 XY 平面创建三维模型的投影视图的视口。接下来的提示与 1）所述一样，不再重述。

4）输入“？”回车，将列出已经命名并保存的用户坐标系名称。接下来提示：

输入要列出的 UCS 名 <*>: *输入名称 或 直接回车列出所有的用户坐标系*

显示用户坐标系列表之后，按任意键返回提示“输入选项 [命名(N)/世界(W)/?/当前(C)] <当前>：”。

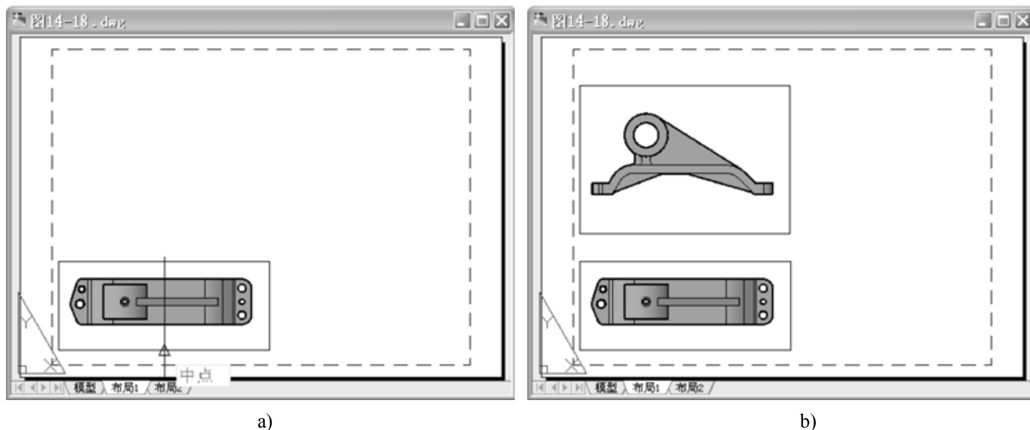
2．正交(O)

对主提示输入“O”回车，将从现有的三维模型的投影视图的视口创建正交的三维模型的投影视图的视口。接下来提示：

指定视口要投影的那一侧: *移动光标到已经创建的视口的一条边上单击鼠标左键*

一旦拾取了已创建的三维模型的投影视图的视口的一条边，该边即作为创建新投影视图的视口的侧边，移动光标，一条垂直于视口侧边的拖引线出现，这将有助于接下来新视图中心的定位。接下来的提示同“1. UCS(U)”的 1）中所述一样。

在图 14-17 的基础上，应用“solview”命令的“正交(O)”选项。对提示“指定视口要投影的那一侧:”，移动光标到“a1”视口的下面边上单击鼠标左键，如图 14-18a 所示；接下来指定视图中心、视口角点，输入视图名称“a2”，创建第二个视口，如图 14-18b 所示。



a) b)

图 14-18 应用“solview”命令的“正交(O)”选项

a) 指定视口要投影的那一侧 b) 创建视口“a2”

3．辅助(A)

对主提示输入“A”回车，将从现有的三维模型的投影视图的视口创建辅助斜视图的视

口。辅助视图投影到和已有视图正交并倾斜于相邻视图的平面。接下来提示：

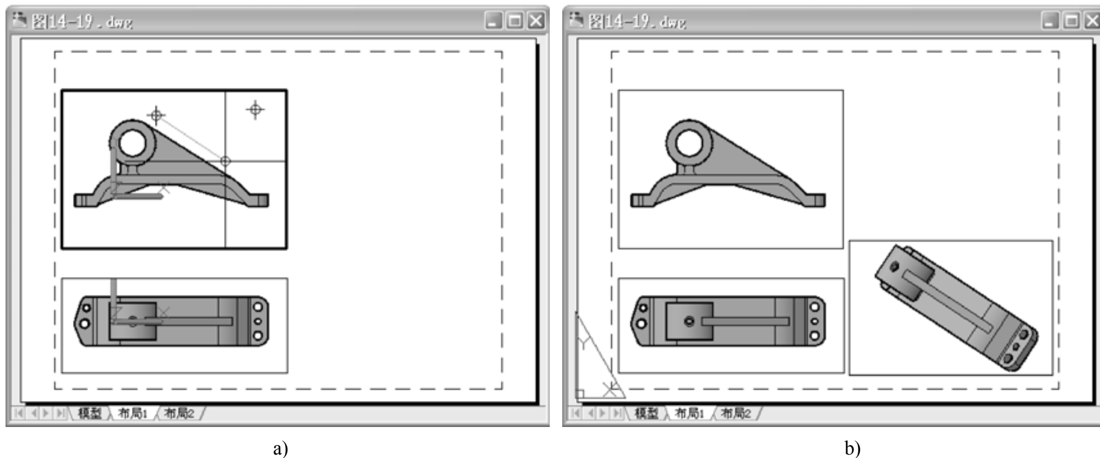
指定斜面的第一个点：*在平行于斜面的位置指定第一个点*

指定斜面的第二个点：*在平行于斜面的位置指定第二个点*

指定要从哪侧查看：*在如上输入的两点的一侧单击鼠标左键，该点到两点连线的方向是斜视图的投影方向*

接下来的提示同“1. UCS(U)”的 1）中所述一样。

在图 14-18 的基础上，应用“solview”命令的“辅助(A)”选项。对提示“指定斜面的第一（或第二）个点:”，移动光标到“a2”视口的视图右上，单击鼠标左键指定两点（与模型倾斜部分平行的两点，当然这两点也可在模型上）；对提示“指定要从哪侧查看:”，移动光标到“a2”视口右上角指定点（前面指定的两点连线右侧），如图 14-19a 所示。接下来指定视图中心，视口角点，输入视图名称“a3”，创建第三个视口，再将这个视口移动到右下角，如图 14-19b 所示。



a)　　b)

图 14-19　应用“solview”命令的“辅助(A)”选项

a) 指定斜面点和要查看的那一侧　b) 创建视口“a3”

4．截面(S)

对主提示输入“S”回车，将从现有的视口中的三维模型的投影视图创建准备形成横截面图的视口（要在该视口中形成图案填充的横截面剖视图，还要使用“soldraw”命令）。接下来提示：

指定剪切平面的第一个点：*在剪切平面的位置指定第一个点*

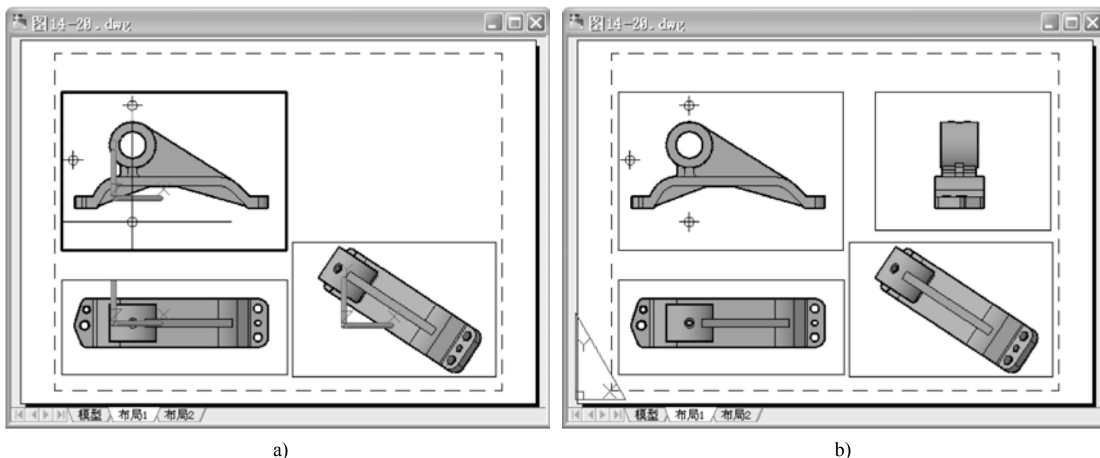
指定剪切平面的第二个点：*在剪切平面的位置指定第二个点*

指定要从哪侧查看：*在如上输入的两点的一侧单击鼠标左键，该点到两点连线的方向是横截面图的投影方向*

接下来的提示同“1. UCS(U)”的 1）中所述一样。


注意　使用该选项后不会马上形成横截面图的视口，只是创建横截面方向的视口，要形成横截面，还要使用下面要介绍的“soldraw”命令。

在图 14-19 的基础上，应用“solview”命令的“截面(S)”选项。对提示“指定剪切面的第一（或第二）个点:”，移动光标到“a2”视口的模型圆孔的上、下，单击鼠标左键指定两点；对提示“指定要从哪侧查看:”，移动光标到“a2”视口的左侧指定点，如图 14-20a 所示。接下来指定视图中心，视口角点，输入视图名称“a4”，创建第四个视口，如图 14-20b 所示。



a)　　b)

图 14-20　应用“solview”命令的“截面(S) ”选项

a) 指定剪切面点和要查看的那一侧　b) 创建视口“a4”

要创建三维模型的轮廓投影视图，通常在执行“solview”命令后执行“soldraw”命令（参看 14.5.2 节）。

以上在执行命令“solview”创建视口时，会将视口对象放置在名称为“VPORTS”的图层上，如果该图层不存在，“solview”将创建它。在以后使用“soldraw”命令创建图形视图时，使用随创建的每个视口一起保存的特定于视图的信息生成最终图形视图。

执行命令“solview”创建视口时，会创建“soldraw”命令用于放置每个视图的可见线和隐藏线的图层，图层的名称是“视图名称-VIS”、“视图名称-HID”、“视图名称-HAT”；还会创建可以放置各个视口中均可见的标注的图层，其名称是“视图名称-DIM”。这些图层中的“视图名称”是执行命令“solview”时，回答其最后一个提示“输入视图名:”时输入的名称。



运行“soldraw”时将删除并更新存储在这些图层上的信息。勿将永久性图形信息放置在这些图层上。

“soldraw”命令只能在通过“solview”命令创建的视口中使用。

14.5.2 在“solview”的布局视口中生成轮廓或截面

使用“solview”命令在布局中创建三维模型的投影视图的视口后，再使用“soldraw”命令在视口中生成三维模型投影视图的轮廓和截面。

命令的输入方式有：

● 命令：soldraw ↙

- 下拉菜单：绘图(D) →建模(M) →设置(U) → 图形(D)
- 功能区：三维建模空间→“常用”选项卡→“建模”面板→ 建模 ▾ → 实体图形

命令输入后提示：

选择要绘图的视口...

选择对象：*选择由“solview”命令创建的视口*

……

选择对象：↙

一旦执行“soldraw”命令，选定视口中的所有轮廓图和剖视图都将被删除，然后生成新的轮廓图和剖视图。在所有视口中冻结除了需要显示轮廓图和剖视图外的所有图层。

图 14-21 是对图 14-20b 的各个视口使用“soldraw”命令的结果。

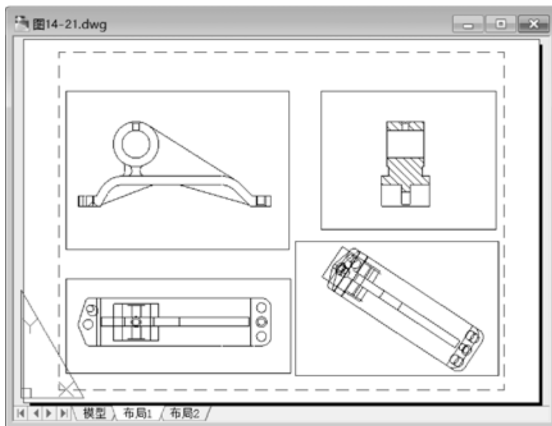


图 14-21　对图 14-20b 的各个视口使用“soldraw”命令的结果

对于由“solview”命令的“截面(S)”选项以外的其他选项创建的视口，“soldraw”命令可创建视口中表示实体轮廓和边的可见线和隐藏线。

对于由“solview”命令的“截面(S)”选项创建的准备形成横截面图的视口，在所定义的剪切平面处剖切实体，填充图案；剪切平面后的实体部分生成其轮廓和边的可见线。对于横截面图的填充图案，可先使用图案填充命令“hatch”的“设置(T)”选项，设置当前的填充图案。图 14-21 的右上角的截面图就是设置当前的填充图案为“ANSI31”的效果。

第 15 章　导 航 命 令

AutoCAD 提供了多种观察三维对象的方式，使用户可随时灵活地查看绘制效果，及时地对三维对象进行修改和调整。本章将详细介绍各种导航命令。

15.1　ViewCube 工具

ViewCube（视角立方）提供了模型当前视点方向的直观反映。可以使用 ViewCube 工具调整视点。

15.1.1　ViewCube 概述

ViewCube 工具是在二维建模空间或三维视觉样式中处理图形时显示的导航工具。如图 15-1 所示。

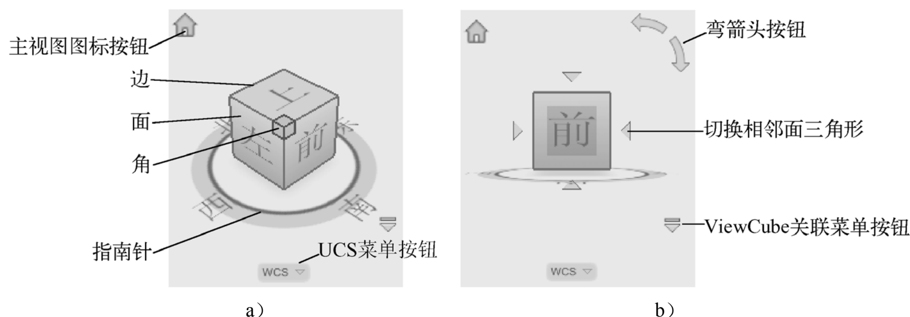


图 15-1　ViewCube 工具
a）ViewCube 工具（形式 1）　b）ViewCube 工具（形式 2）

ViewCube 工具是一种可单击、可拖动的常驻界面，用户可以用它在模型的标准视图和等轴测视图之间进行切换。

ViewCube 工具打开后，以不活动状态或活动状态显示在窗口一角。

光标离开 ViewCube 工具上方时、ViewCube 工具处于不活动状态时，默认情况下它显示为半透明状态，这样便不会遮挡模型的视图。尽管 ViewCube 工具处于不活动状态，但在视图发生更改时仍可提供有关模型当前视点的直观反映。

将光标悬停在 ViewCube 工具上方时，该工具会变为活动状态，它显示为不透明状态，并且可能会遮挡模型当前视图中对象的视图。用户可以切换至其中一个可用的预设视图，滚动当前视图或更改至模型的主视图。

15.1.2　用 ViewCube 重新设置模型视图的方向

ViewCube 工具提供了多种改变模型视图的直观方式。

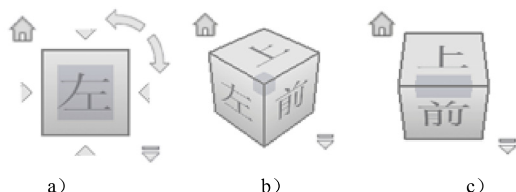
1．重新设置当前视图的方向

用户可以通过单击 ViewCube 工具上的预定义区域或拖动 ViewCube 工具来重定向模型的当前视图。

ViewCube 工具提供了二十六个已定义区域，这二十六个已定义区域是预设的视点方向，对应二十六个预定义的视图，按类别分为三组：角区域（8 个）、边区域（12 个）和面区域（6 个），如图 15-2 所示。当把光标移动到角、边或面区域上时，会出现浅蓝色标识区，单击这些浅蓝色标识区，用户可以更改模型的当前视图。

在这二十六个已定义区域中，六个面区域代表模型的标准平行视图：俯视图、仰视图、前视图、后视图、左视图、右视图。单击 ViewCube 工具上的一个面来设定平行视图，如图 15-2 a 所示。

单击其他二十个已定义区域可以访问模型的带角度视图。单击 ViewCube 工具上的一个角区域，将基于模型的三个侧面设定视点方向，在当前视图中可以观察到三维模型的三个面，如图 15-2b 所示。单击一条边区域，将基于模型的两个侧面设定视点方向，在当前视图中可以观察到三维模型的两个面，如图 15-2c 所示。



a） b） c）

图 15-2 ViewCube 工具的二十六个定义区域

a）边区域 b）角区域 c）面区域

也可以按住鼠标左键拖动 ViewCube 工具使模型视图的方向重新设置为自定义视图，而不是二十六个预定义视点中的任何视点。拖动时，角、边、面标识将发生变化以指示正在重新设置模型当前视图的方向。如果将 ViewCube 工具拖动到接近于其中一个预设视点方向，并且将其设置为捕捉到最近的视图，则 ViewCube 工具会旋转到最近的预设方向。

ViewCube 工具的轮廓可以帮助用户识别所在方向的形式，当 ViewCube 工具没有将方向调整到二十六个预定义的视图之一时，它的轮廓将显示为虚线。当 ViewCube 工具约束到预定义的视图之一时，它的轮廓将显示为连续的实线。

2．旋转面视图

从一个面视图（即在如图 15-1b 所示的 ViewCube 工具（形式 2））查看模型时，单击 ViewCube 工具旁边的两个弯箭头按钮，可绕视图中心将当前视图顺时针或逆时针旋转 90°。单击左侧的弯箭头可将视图按逆时针方向旋转 90°；单击右侧的弯箭头可将视图按顺时针方向旋转 90°，如图 15-3 所示。

3．切换至相邻面

在面视图为当前视图时，即在如图 15-1b 所示的 ViewCube 工具（形式 2）时，ViewCube 工具旁边将显示四个直角三角形，要切换到相邻面视图，单击其中的一个三角形，如图 15-4 所示。

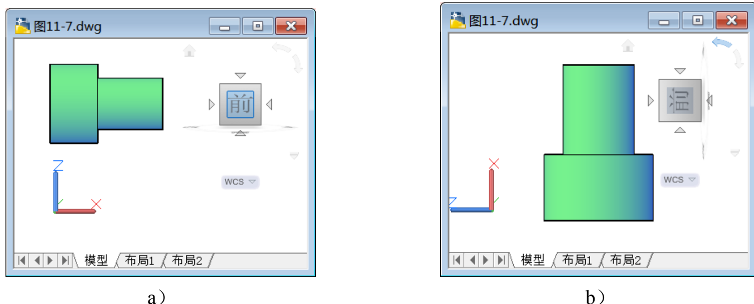


图 15-3　滚动面视图

a）旋转前　b）旋转后

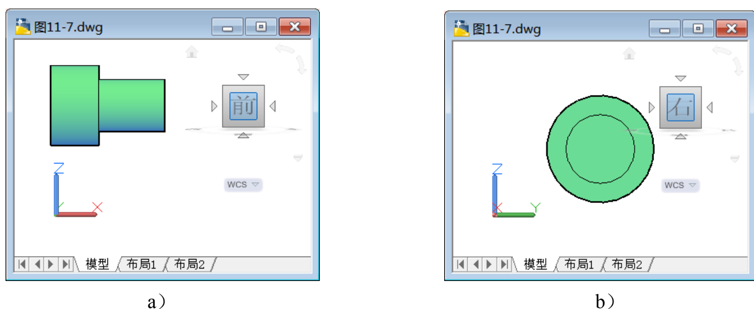


图 15-4　切换至相邻面

a）切换前　b）切换后

4．使用指南针

指南针（如图 15-5 所示）显示在 ViewCube 工具的下方并指示为模型定义的北向。可以单击指南针上的基本方向文字以旋转模型，也可以按住鼠标左键拖动其中一个基本方向字母或指南针圆环绕视图轴心点以交互方式旋转模型。



图 15-5　指南针

5．通过 ViewCube 查看选中的对象

当模型中有多个对象时，用户可以使用 ViewCube 工具观察模型中一个或几个选中的对象，其方法是：

在模型中，选择一个或多个对象，AutoCAD 将根据选定对象的范围计算视图的轴心点。单击 ViewCube 工具上的某个预设视点区域，或按住鼠标左键拖动 ViewCube 工具，选中的对象将绕选定对象中心的轴心点旋转，从而重新设置对象视图的方向。

如果没有选择对象，拖动 ViewCube 工具可围绕显示在视图中心的轴心点重新定向对象视图。如果没有选择对象，而且在使用 ViewCube 工具之前轴心点已由其他导航工具使用和定义，拖动 ViewCube 工具将围绕该定义的轴心点重新定向对象视图。

15.1.3　ViewCube 菜单

1．ViewCube 菜单

使用 ViewCube 菜单（如图 15-6 所示）可恢复和定义模型的主视图（即使用 ViewCube 工具观察的基础视图），在视图投影模式之



图 15-6　ViewCube 菜单

间切换，以及更改交互行为和 ViewCube 工具的外观。打开 ViewCube 菜单的方法有两种：

1）在 ViewCube 工具的任意元素（指南针、主视图图标、ViewCube 工具的主区域、UCS 菜单按钮、弯箭头按钮或 ViewCube 工具下方的关联菜单按钮）上单击鼠标右键。



2）单击 ViewCube 工具下方的关联菜单按钮。

ViewCube 菜单各选项意义说明如下。

主视图：恢复随模型一起保存的主视图。

平行：将当前视图切换到平行投影。

透视：将当前视图切换至透视投影，而不论当前视图是何种视图（或何种视点方向）。

使用正交面的透视：将当前视图切换至透视投影，但当前视图与 ViewCube 工具上定义的面视图对齐时除外。

将当前视图设定为主视图：根据当前视图定义模型的主视图。

ViewCube 设置：打开 ViewCube 设置对话框，从中可以调整 ViewCube 工具的外观和行为等。

帮助：启动联机帮助系统并显示有关 ViewCube 工具的主题。

2. 主视图

可以为模型定义一个主视图，以便在后面的视图改变（即观察方向的改变）中作为参考。主视图是随模型一起存储的特殊视图，通过该视图可以轻松返回到已知或熟悉的视图。

可以将模型的任意视图定义为主视图，其方法是在 ViewCube 工具上单击鼠标右键，然后从右键菜单中选择“将当前视图设定为主视图”。

一旦定义了主视图，可以随时将模型方向重新恢复为主视图，其方法有以下几种：

1）单击 ViewCube 工具上面偏左位置的“主视图”按钮。

2）在 ViewCube 工具上单击鼠标右键，然后从右键菜单中选择“主视图”。

打开在 AutoCAD 2008 之前的版本中创建的图形时，模型的范围（“zoom”命令的“范围（E）”选项显示的视图）将用做默认主视图。对于在 AutoCAD 2011 中创建的图形，默认的主视图是在 ViewCube 工具同时显示“上”、“左”、“前”时的视图。

15.1.4 显示、隐藏 ViewCube 工具

显示或隐藏 ViewCube 工具的方法有以下几种：

1）依次单击下拉菜单视图（V）→显示（L）→ViewCube（V）→开（O）。

2）使用“navvcube”命令的“开（ON）”或“关（OFF）”选项。

3）在三维建模功能区的“视图”选项卡→“窗口”面板→用户界面下拉列表，选中或取消“ViewCube”。

4）使用命令“options”，打开“选项”对话框，在“三维建模”选项卡的“显示 ViewCube 或 UCS 图标”栏中，在二维建模空间下选中或取消选中“显示 ViewCube（D）”复选框，将在二维建模空间显示或隐藏 ViewCube 工具；在三维建模空间下选中或取消选中“显示 ViewCube（Y）”复选框，将在三维建模空间显示或隐藏 ViewCube 工具。

15.1.5 “navvcube”命令

“navvcube”命令用于控制 ViewCube 工具的可见性和显示特性。命令的输入方式有：



- 命令：navvcube ↙
- 下拉菜单：视图（V）→显示（L）→ViewCube（V）→开（O）或 设置（S）

“navvcube”输入后命令行提示：

输入选项[开（ON）/关（OFF）/设置（S）]<ON>: *输入选项关键字回车 或 直接回车接受默认选项*

各选项的意义如下：

1．开（ON）

显示 ViewCube。

2．关闭（OFF）

关闭 ViewCube 的显示。

3．设置（S）

打开“ViewCube 设置”对话框，如图 15-7 所示，从中可以控制 ViewCube 的外观、可见性、大小、位置、UCS 菜单的显示、默认方向和指南针显示等。

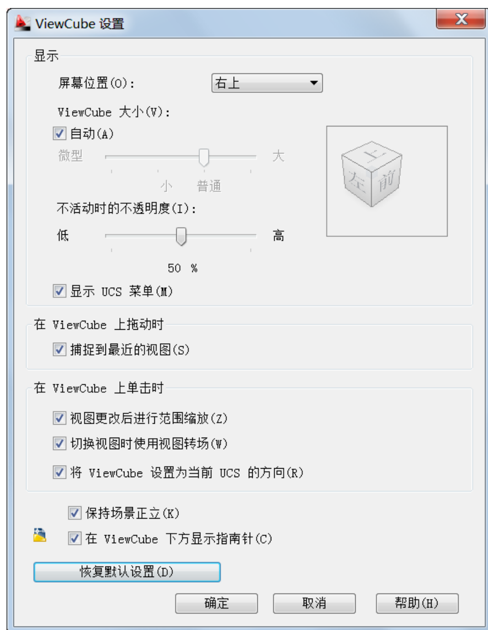


图 15-7 “ViewCube 设置”对话框

1）“显示”栏

“屏幕位置”下拉列表：从下拉列表中选择 ViewCube 工具以显示在视口的哪个角——右上、右下、左上或左下。

ViewCube 大小：控制 ViewCube 工具的显示大小。如果选中“自动”复选框，将根据活动视口的当前大小、活动布局的缩放比例或图形窗口自动调整 ViewCube 工具的大小。如果不选中“自动”复选框，ViewCube 工具大小滑条可用，鼠标左键拖动滑块，可使 ViewCube 工具的大小为“微型”、“小”、“普通”或“大”。

不活动时的不透明度：决定 ViewCube 工具处于不活动状态时的不透明度级别。鼠标左键拖动滑块，可改变 ViewCube 工具的不透明度。

预览缩略图：根据当前设置，显示 ViewCube 的实时预览。

显示 UCS 菜单：控制 ViewCube 工具下的 UCS 下拉菜单的显示。

2）“在 ViewCube 上拖动时”栏

“捕捉到最近的视图”复选框：决定当拖动 ViewCub 工具更改视图时，是否将当前视图调整为最接近的预设视图。

3）“在 ViewCube 上单击时”栏

“缩放至视图更改后的范围”复选框：当更改视图后，是否强制模型布满当前视口。

“切换视图时使用视图转场”复选框：当在视图间切换时，是否应用平滑视口转场效果。

“将 ViewCube 设置为当前 UCS 的方向”复选框：是否根据模型的当前 UCS 或 WCS 设置 ViewCube 工具的方向。

4）“保持场景正立”复选框

确定是否可以颠倒模型的视点。

5）“在 ViewCube 下方显示指南针”复选框

控制是否在 ViewCube 工具下方显示指南针。指南针上指示的北向是通过“NORTHDIRECTION”系统变量定义的值。

6）“恢复默认设置”按钮

单击该按钮，恢复 ViewCube 工具的默认设置。

15.1.6 通过 ViewCube 更改 UCS

通过 ViewCube 工具，可以将模型的当前 UCS 更改为随模型一起保存的已命名 UCS 之一，也可以定义新的 UCS。

在“ViewCube 设置”对话框的“显示”栏，选中“显示 UCS 菜单”（见图 15-7），将在 ViewCube 工具下方出现 UCS 菜单按钮 WCS ▾（这里选择了 WCS），单击该按钮，打开 UCS 菜单，如图 15-8 所示。

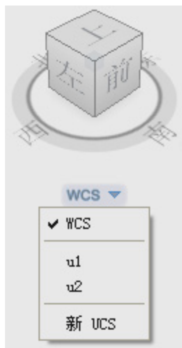


图 15-8 UCS 菜单

UCS 菜单显示了模型中所有 UCS 的名称，其中前面有“✔”的是当前 UCS。通过该菜单，可以恢复随模型一起保存的已命名 UCS 之一、切换为 WCS 或定义新的 UCS，方法如下：

选择菜单上的“WCS”，可以将坐标系从当前 UCS 切换为 WCS。

选择菜单上的任一 UCS，该坐标系成为当前 UCS。

选择“新 UCS”，命令行将执行“ucs”命令，并将出现提示：“指定 UCS 的原点或[面（F）/命名（NA）/对象（OB）/上一个（P）/视图（V）/世界（W）/X/Y/Z/Z 轴（ZA）] <世界>:”，对此提示与用户坐标系命令的提示回答一样。如果是建立新的 UCS，其默认名称为“未命名”，并成为当前 UCS。若要保存该 UCS 以便之后将其恢复，重新选择“新 UCS”，并使用其提示的“命名（NA）”选项。

可以通过当前 UCS 或 WCS 设置 ViewCube 工具的方向。如果在“ViewCube 设置”对话框中选中“将 ViewCube 设置为当前 UCS 的方向”复选框，则 ViewCube 工具的方向与当前 UCS 的方向一致。这样，通过使用当前 UCS 设置 ViewCube 方向，用户可了解建模的方向。通过使用 WCS 设置 ViewCube 工具方向，可以基于模型的北向和向上方向导航模型。

15.2 三维导航命令

“三维导航”工具栏如图 15-9 所示。其中“受约束的动态观察”按钮的子工具栏包括三个动态观察命令：“3dorbit”命令、“3dforbit”命令和“3dcorbit”命令，这三个命令前面已经介绍。下面介绍其他三维导航命令。



图 15-9 三维导航工具栏

15.2.1 三维平移命令

命令“3dpan”用于在三维视图中平移视图。命令的输入方式有：

- 命令：3dpan ↙
- 从图 15-9 的“三维导航”工具栏上单击按钮
- 下拉菜单：视图（V）→平移（P）→实时
- 启动任意三维导航命令，在绘图区域中单击鼠标右键，然后选择“其他导航模式”→“平移”（P）

按住鼠标滚轮来进行平移

命令输入后，光标变为手形（），按住鼠标左键拖动，可平移视图，查看整个图形。

如果在输入“3dpan”命令之前选择对象，将只查看选中的对象。

当图形位于“透视”视图时，应用“3dpan”命令，三维视图在移动的同时还可以有形状的改变。

15.2.2 三维视图缩放命令

命令“3dzoom”用于放大和缩小三维视图。命令的输入方式有：

- 命令：3dzoom ↙
- 从图 15-9 的“三维导航”工具栏上单击按钮
- 下拉菜单：视图（V）→缩放（Z）→实时
- 启动任意三维导航命令，在绘图区域中单击鼠标右键，然后选择“其他导航模式”/“缩放”（Z）。

滚动鼠标滚轮来进行缩放。

命令输入后光标变为一个带有加号（+）和减号（-）的放大镜。按住鼠标左键向上拖动光标将放大对象，使对象显得更大或更近；向下拖动光标将缩小对象，使对象显得更小或更远。这种操作是对于整个图形的缩放。

如果在输入“3dzoom”命令之前选择对象，将只缩放选中的对象。

在平行投影视图中，输入“3dzoom”命令后将显示以下提示：

"按〈Esc〉键或〈Enter〉键退出，或者单击鼠标右键显示快捷菜单"

在透视投影视图中，进行缩放的作用是模拟将相机靠近三维对象或远离对象。对象看上去更加靠近或远离相机，但相机的位置不变。这时命令行将显示以下提示：

"指定窗口的角点，输入比例因子（nX 或 nXP），或者[全部（A）/范围（E）/窗口（W）/上一个（P）/对象（O）]<实时>："*（输入一个选项关键字回车 或 直接回车）*



各选项的意义与缩放命令"zoom"的相应选项的意义完全一样，不再重述。

15.2.3 回旋

沿拖动的方向更改视图的目标，命令的输入方式有：

- 命令：3dswivel ↙
- 从图 15-9 的"三维导航"工具栏上单击按钮
- 下拉菜单：视图（V）→相机（C）→回旋（S）
- 启动任意三维导航命令，在绘图区域中单击鼠标右键，然后选择"其他导航模式"→"回旋"（S）

按住〈Ctrl〉键，然后再按住鼠标滚轮以暂时进入"3dswivel"模式

命令输入后，光标变为相机形状，按住鼠标左键拖动，在拖动方向上模拟平移相机，查看的目标将更改。可以沿 XY 平面或 Z 轴回旋视图。

15.2.4 调整视距

启用交互式三维视图并使对象看起来更近或更远，命令的输入方式有：

- 命令：3ddistance ↙
- 从图 15-9 的"三维导航"工具栏上单击按钮
- 下拉菜单：视图（V）→相机（C）→调整视距（A）
- 启动任意三维导航命令，在绘图区域中单击鼠标右键，然后选择"其他导航模式"→"调整视距"（D）

命令输入后，光标变为具有上、下箭头的直线。按住鼠标左键向上垂直拖动光标，将使相机靠近对象，从而使对象显得更近、更大；向下垂直拖动光标，使相机远离对象，从而使对象显得更远、更小。

15.2.5 漫游

漫游也是一种三维模型的视图显示方式，但保持视图平行于 XY 平面。在漫游时，通过键盘和鼠标，可交互地更改三维图形的视图，还可使用户深入模型内部，在模型中漫游。命令的输入方式有：

- 命令：3dwalk ↙
- 从图 15-9 的"三维导航"工具栏上单击按钮
- 下拉菜单：视图（V）→漫游和飞行（K）→漫游（K）
- 功能区：三维建模工作空间→"渲染"选项卡→"动画"面板→漫游
- 启动任意三维导航命令，在绘图区域中单击鼠标右键，然后选择"其他导航模式"→"漫游"（W）



只有在透视图中才能使用漫游命令。所以，如果当前视图处于平行投影状态，当执行漫游命令时，首先出现如图 15-10 所示的“漫游和飞行-更改为透视视图”警告框，单击“修改”按钮，接下来在屏幕右上方出现如图 15-11 所示的“漫游和飞行导航映射”气球（在默认情况下）和如图 15-12 所示的“定位器”，进入漫游状态。

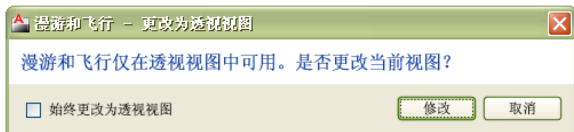
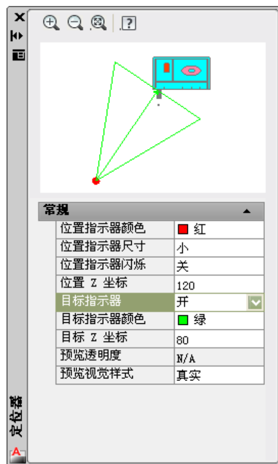


图 15-10　切换为透视图警告框





a）　　　　b）　　　　图 15-12　定位器

图 15-11　“漫游和飞行导航映射”气球

a）　未展开　b）　展开

1．“漫游和飞行导航映射”气球

“漫游和飞行导航映射”气球提示在漫游和飞行状态时，按键盘的四个方向箭头键，或按〈W〉（前）、〈A〉（左）、〈S〉（后）和〈D〉（右）键的漫游和飞行方向，以及拖动鼠标时的效果。具体说明如下：

按〈TAB〉键控制是否显示“漫游和飞行导航映射”框。

〈↑〉键或〈W〉键：向前移动相机，以使用户向前漫游（或飞行）。

〈↓〉键或〈S〉键：向后移动相机。

〈←〉键或〈A〉键：向左移动相机，以使用户向左移动。

〈→〉键或〈D〉键：向右移动相机。

按住鼠标左键拖动：设置三维模型目标移动及旋转，以使用户观察。

〈F〉键：在飞行和漫游模式之间切换。

2．定位器

“定位器”的预览窗口会显示模型的俯视图，使得在三维模型中漫游或飞行时可以追踪用户在三维模型中的位置和观察方向。预览窗口中的红色圆点是位置指示器，即模型中用户

的当前观察位置。目标指示器是绿色三角形，三角形的长短表示观察视线的远近，中间的绿色箭头指向观察目标点，代表观察方向。“定位器”中各项内容说明如下。

“放大”按钮：放大“定位器”预览窗口中显示的内容。

“缩小”按钮：缩小“定位器”预览窗口中显示的内容。



“范围缩放”按钮：在“定位器”预览窗口中把显示内容尽可能地放大。

“预览”窗口：显示在模型中的当前位置。可以拖动位置指示器来更改位置，也可以拖动目标指示器来更改视图的方向。

“常规”栏包括如下几项

位置指示器颜色：设置显示当前位置点的颜色。

位置指示器大小：设置指示器（红圆点）的大小。可以选择“小”、“中”或“大”。

位置指示器闪烁：打开或关闭闪烁效果。

位置 Z 坐标：位置指示器的当前 Z 坐标，即用户的当前观察位置的 Z 坐标。

目标指示器：打开或关闭目标指示器。

目标指示器颜色：设置目标指示器的颜色。

目标 Z 坐标：当前观察目标点（目标指示器的箭头点）的 Z 坐标。

预览透明度：设置预览窗口的透明度。可以选择 0～95 之间的值。

预览视觉样式：设置预览的视觉样式。

进入漫游状态后，光标变为小十字，观察目标点则显示为较大的绿色十字。

按住鼠标左键，左右拖动光标，三维模型将在相反的方向移动，同时预览窗口中目标指示器将旋转。这相当于观察位置不变，而观察的视线方向左右旋转。

按住鼠标左键，上下拖动光标，三维模型将在相反的方向移动。向上拖动光标时，预览窗口中目标指示器将拉长，向下拖动光标时，目标指示器将缩短。此时“定位器”的“常规”栏的“目标 Z 坐标”变化。这相当于观察位置不变，观察目标点上、下改变，或观察的视线方向上下移动。

如果按住鼠标滚轮，上下拖动光标，三维模型绕观察目标点前后转动；预览窗口中的观察目标点（目标指示器的箭头点）不变，而位置指示器（红圆点）的位置将改变，定位器的“常规”栏的“位置 Z 坐标”增大、减小。这相当于观察位置升高或降低，观察目标点不变。

在漫游状态，按键盘的箭头键〈←〉或〈A〉键，三维模型右移；按〈→〉或〈D〉键，模型左移。“定位器”的位置指示器和目标指示器同时右移或左移。此时观察位置的高度和观察目标点的高度不变，但观察位置的 X 和 Y 坐标改变，观察目标点的 X 和 Y 坐标改变。

按〈↑〉或〈W〉键，模型前移；按〈↓〉或〈S〉键，模型后移；同时，“定位器”的位置指示器和目标指示器也将移动。向前或向后旋转鼠标滚轮也有此效果。此时，也是观察位置的高度和观察目标点的高度不变，但观察位置的 X 和 Y 坐标改变，观察目标点的 X 和 Y 坐标改变。

用户也可以在“定位器”预览窗口中编辑观察位置。把光标放在表示位置指示器的红色圆点上拖动，可以改变用户的当前观察位置。把光标放在目标指示器与红色圆点不相连的直线上拖动，目标指示器可以旋转和改变长度。把光标放在目标指示器与红色圆点相连的三条线的任意一条上拖动，位置指示器和目标指示器同时改变位置。一旦拖动结束，三维模型将随即改变。

也可以在定位器的“常规”栏，改变“位置 Z 坐标”或“目标 Z 坐标”。若改变“位置 Z 坐标”，则可以改变当前观察位置的高度；若改变“目标 Z 坐标”，则可以改变当前观察目标点的高度。

15.2.6 飞行

飞行也是一种三维模型的视图显示方式，与漫游不同的是，可以离开 XY 平面，就像在模型中飞越或环绕模型飞行一样。在飞行时，通过键盘和鼠标，可交互地更改三维图形的视图，还可使用户深入模型内部，在模型中飞行。命令的输入方式有：

- 命令：3dfly ↙
- 从图 15-9 的“三维导航”工具栏上单击按钮

下拉菜单：视图（V）→漫游和飞行（K）→飞行（F）

- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“动画”面板→漫游下拉菜单→“飞行”
- 启动任意三维导航命令，在绘图区域中单击鼠标右键，然后选择“其他导航模式”/“飞行”（L）

进入飞行状态的过程与进入漫游状态一样。如果当前视图处于平行投影状态，当执行“飞行”命令时，也会首先出现如图 15-10 所示的“漫游和飞行更改为透视视图”框。

单击“修改”按钮，接下来在屏幕右上方出现如图 15-11 所示的“漫游和飞行导航映射”气球（在默认情况下）和如图 15-12 所示的“定位器”，进入飞行状态。

进入飞行状态后，按住鼠标的左键或滚轮的操作结果与处于漫游状态时的操作结果一样。

在飞行状态，按键盘的箭头键〈←〉或〈A〉键，按〈→〉或〈D〉键，与处于漫游状态时的操作结果一样。

虽然在飞行状态也是按〈↑〉或〈W〉键（或向前旋转鼠标滚轮）模型前移，按〈↓〉或〈S〉键（或向后旋转鼠标滚轮）模型后移，“定位器”的位置指示器和目标指示器也将移动，但是与漫游状态不一样的是，“定位器”中的“位置 Z 坐标”和“目标 Z 坐标”一般将同时变化。这个变化是一个固定值：“位置 Z 坐标”值 -“目标 Z 坐标”值=常数。例如，开始“位置 Z 坐标”值是 20，“目标 Z 坐标”是 10，无论怎样按〈↑〉键、〈W〉键、〈↓〉键或〈S〉键（或旋转鼠标滚轮），总有“位置 Z 坐标”值 -“目标 Z 坐标”值=10。

“定位器”中的“位置 Z 坐标”和“目标 Z 坐标”的差确定了飞行的方向：如果由低向高飞行（比如上楼梯），“位置 Z 坐标”值 <“目标 Z 坐标”值；如果由高向低飞行（比如下楼梯），“位置 Z 坐标”值 >“目标 Z 坐标”值；如果平行于 XY 平面飞行，“位置 Z 坐标”值 =“目标 Z 坐标”值。

用户可以随时改变“定位器”中的“位置 坐标”和“目标 Z 坐标”的值，以改变飞行的方向。

15.2.7 漫游和飞行设置

漫游和飞行的相关设置由“漫游和飞行设置”对话框设定。

- 命令：walkflysettings ↙
- 从图 15-9 的“三维导航”工具栏上单击按钮

● 下拉菜单：视图（V）→漫游和飞行（K）→漫游和飞行设置（S）

● 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“动画”面板→漫游下拉菜单→漫游和飞行设置

● 启动“漫游”或“飞行”→命令，在绘图区域中单击鼠标右键，然后选择“漫游和飞行设置”

命令输入后将显示“漫游和飞行设置”对话框，如图15-13所示。

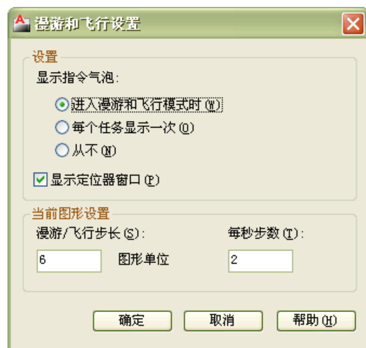


图15-13 “漫游和飞行设置”对话框

1.“设置”栏

指定与“漫游和飞行导航映射”气球和“定位器”窗口相关的设置。

1）“显示指令气泡”选项组用于决定是否显示“漫游和飞行导航映射”气球：

选中“进入漫游和飞行模式时（W）”单选按钮，每次进入漫游或飞行模式时均显示“漫游和飞行导航映射” 气球。

选中“每个任务显示一次（O）”单选按钮，在每个任务中首次进入漫游或飞行模式时，显示“漫游和飞行导航映射”气球。

选中“从不（O）”单选按钮，从不显示“漫游和飞行导航映射”气球。

2）“显示定位器窗口（P）”复选框：确定进入漫游或飞行模式时是否打开定位器窗口。

2.“当前图形设置”栏

指定与当前图形有关的漫游和飞行模式设置。

“漫游/飞行步长（S）”文本框：按图形单位指定每步的大小，可输入值改变步长。该值也可由在命令行改变系统变量“STEPSIZE”得到。

“每秒步数（T）”文本框：指定每秒发生的步数，可输入值改变步数。该值也可由在命令行改变系统变量“STEPSPERSEC”得到。

“漫游/飞行步长”和“每秒步数”控制漫游或飞行的速度。

15.2.8 漫游和飞行举例

请读者打开随书光盘上第15章文件夹下的“漫游和飞行举例.dwg”文件，这是一幅两个房间的三维图，如图15-14所示。漫游和飞行的过程是：先从地面上楼梯到走廊，从走廊进小房间，再从界墙的门进大房间，然后从大房间再到走廊。

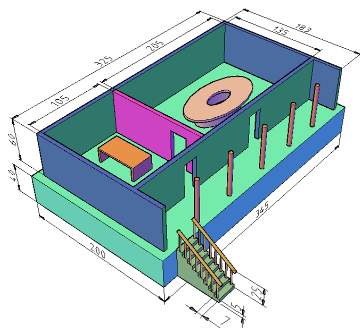


图15-14 漫游和飞行举例

首先执行飞行命令。待打开定位器后，在预览窗口中调整位置指示器和目标指示器到如图15-15所示的大小和位置，接下来更改“常规”栏的“位置Z坐标”为25，“目标Z坐标”为40，然后光标移动到模型区域，按〈↑〉键或〈W〉键（或向前旋转鼠标滚轮）开始飞行。

待位置指示器飞行到走廊上时停止飞行，调整位置指示器和目标指示器的方向，如图 15-16 所示，更改“常规”栏的“位置 Z 坐标”和“目标 Z 坐标”均为 70，按〈F〉键转换为漫游（不按〈F〉键也可以，不过此时的飞行是平行于地面的，也相当于漫游），然后光标移动到模型区域，按〈↑〉键或〈W〉键（或向前旋转鼠标滚轮）开始漫游。待位置指示器漫游到小房间的门口，调整位置指示器和目标指示器的方向，如图 15-17 所示。继续漫游，待位置指示器漫游到界墙的门口，调整位置指示器和目标指示器的方向，如图 15-18 所示。继续漫游，直到完成整个游历。

读者可以在“漫游和飞行设置”对话框对漫游或飞行进行设置。

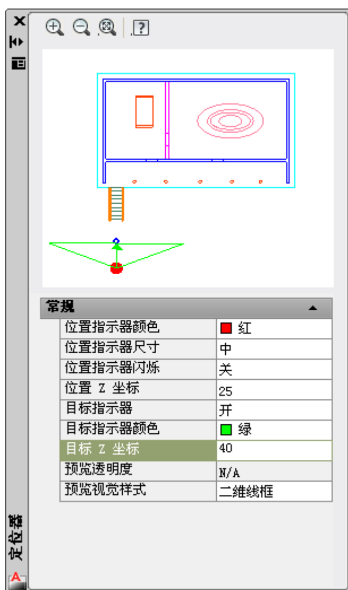


图 15-15　漫游和飞行举例图 1

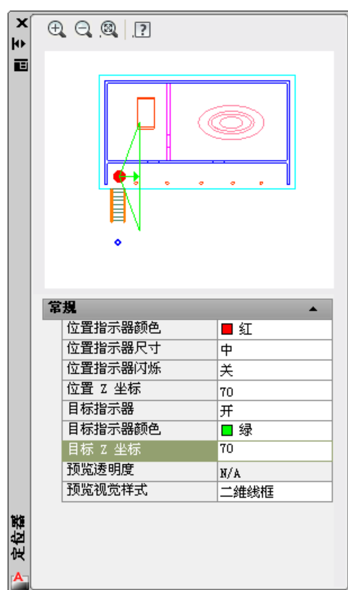


图 15-16　漫游和飞行举例图 2

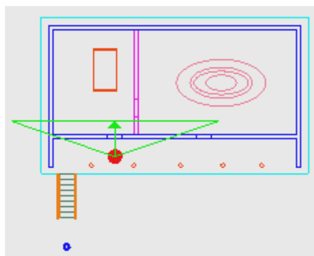


图 15-17　漫游和飞行举例图 3

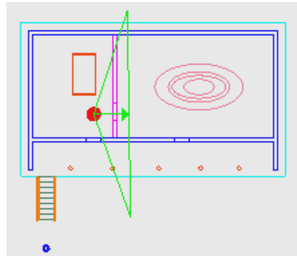


图 15-18　漫游和飞行举例图 4

15.3　动画

15.3.1　三维导航命令的动画

可以将三维导航命令（三维平移“3dpan”，三维缩放“3dzoom”、受约束的动态观察

“3dorbit”、自由动态观察“3dforbit”、连续动态观察“3dcorbit”、回旋“3dswivel”、调整视距“3ddistance”、漫游“3dwalk”、飞行“3dfly”）的视图变化情况记录下来，做成一个视频文件（动画），以备以后演示。

创建动画的方法是：

1）在三维建模工作空间，其“渲染”选项卡上会默认显示“动画”面板。如果“渲染”选项卡上未显示“动画”面板，在“渲染”选项卡的任意一个面板上单击鼠标右键，从右键菜单中的“面板”菜单中选择“动画”，打开“动画”面板。

2）先启动任意一个三维导航命令，再单击“动画”面板上的◯“录制动画”按钮，即开始了动画录制。

3）在动画的录制过程中，可随时改为执行另外一个导航命令，这只要单击鼠标右键，然后从弹出的右键菜单“其他导航模式”的子菜单中选择另一种导航模式即可。

如果录制的是漫游或飞行，可以在“定位器”窗口中，把光标放在表示位置指示器或目标指示器上按住鼠标左键拖动，改变位置指示器和目标指示器位置，从而改变视觉方向。

4）在动画的录制过程中，如果需要，可随时单击⏸“暂停录制动画”按钮，暂停后可在绘图区单击鼠标右键，然后从弹出的右键菜单中“其他导航模式”的子菜单中选择另一种导航模式命令。如果处于漫游或飞行模式，也可以调整“定位器”窗口的设置。暂停后也可以播放动画、保存动画，或调整动画设置。暂停后单击按钮◯，继续录制。

5）在录制过程中或录制暂停后，如果需要查看录制内容以验证动画是否符合演示需求，单击▷“播放动画”按钮，将打开“动画预览”对话框（如图 15-19 所示）可在该对话框中预览已录制的动画。

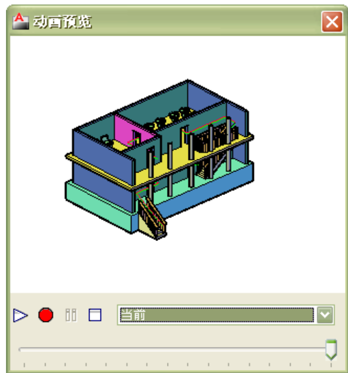


图 15-19 “动画预览”对话框

“动画预览”对话框的上部是动画预览区域，下面是四个按钮▷ ● ⏸ □和视觉样式下拉列表，最下面是动画预览进度线和滑块。

四个按钮▷ ● ⏸ □分别是：

“播放”：播放动画预览。

“录制”：再次开始录制。如果将进度线上的滑块拖回至左侧一处，“预览”区域中的模型将相应变化，此时滑块所对应的帧是当前帧。再次开始录制动画后，当前帧之后的所有帧都将被覆盖，此时将显示“动画-覆盖动画帧”警告框，以确认是否要覆盖现有的帧。

□暂停”：暂停动画预览。

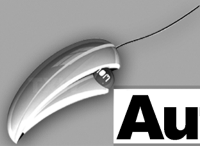
“保存”：打开“另存为”对话框，保存动画。

可随时从▷ ● ⏸ □右侧的“视觉样式”下拉列表中选择另一种视觉样式预览动画。

最初的视觉样式设置为“当前”，即当前视觉样式与活动视口中的视觉样式是一样的。

可以单击或拖动最下部的动画预览进度线上的滑块，以查看动画中的特定帧。此时，光标气泡工具栏会显示当前帧和动画中的总帧数。


注意　　动画预览的作用是给用户一个最终输出的总体视觉概念。它可能不显示视觉样式或不具有与最终输出相同的质量。



6）在录制过程中或录制暂停后，如果对动画预览满意，单击□“保存”按钮，打开“另存为”对话框，如图 15–20 所示，在其中选择文件位置、文件名称和文件类型后，单击“保存”。存储的文件格式有：AVI、MOV、MPG 或 WMV。

如果在保存时要更改动画设置，单击图 15–20 中的“动画设置”按钮。打开“动画设置”对话框，如图 15–21 所示。在“动画设置”对话框的各个下拉列表中可以更改动画的视觉样式、分辨率、帧率和文件格式。更改完成后单击“确定”返回到“另存为”对话框。

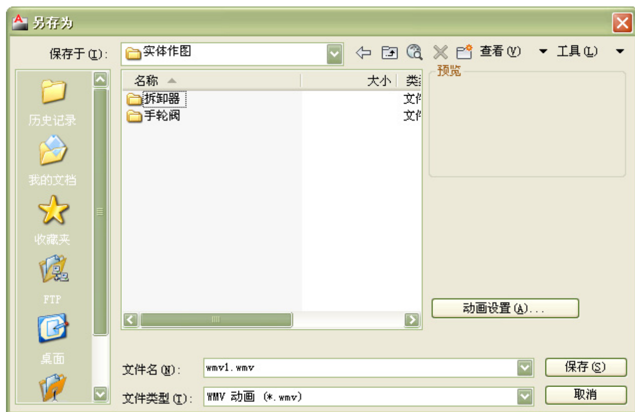


图 15–20　动画“另存为”对话框



图 15–21　“动画设置”对话框

7）如果要放弃动画录制，按〈Esc〉键。

15.3.2　运动路径动画

也可以创建沿设定路径运动的动画，其方法是：

1）在图形中，首先为相机或目标创建路径对象。路径可以是直线、圆弧、椭圆弧、圆、多段线、三维多段线或样条曲线。相机和目标的路径对象可以相同，也可以不同。注意，创建的路径在动画中不可见。

2）单击“视图（V）”下拉菜单的“运动路径动画（M）...”；或在命令行的“命令：”提示下，输入“anipath”后回车；或单击“渲染”选项卡的“动画”面板“动画运动路径”按钮，打开“运动路径动画”对话框，如图 15–22 所示。



图 15–22　“运动路径动画”对话框

3）在“相机”栏，将相机链接到点或一条路径。

要将相机链接到新点，选中“点（P）”单选按钮；单击按钮，对话框暂时关闭，命令行提示“拾取点：”；在图形中指定点后，弹出“点名称”对话框，输入点的名称或默认其名称，单击“确定”按钮，返回“运动路径动画”对话框。

要将相机链接到一条运动的新路径，选中“路径（A）”单选按钮；单击按钮，对话框暂时关闭，命令行提示“选择路径：”；在图形中选择路径后，弹出“路径名称”对话框，输入路径名称或默认其名称，单击“确定”按钮，返回“运动路径动画”对话框。

如果要将相机链接到已有的相机点或运动路径，可从该栏的下拉列表中进行选择。

选择运动路径时，将自动创建相机。如果删除指定为运动路径的对象，也将同时删除命名的运动路径。

4）在“目标”栏，目标即相机观察的方向。可将目标链接到点或一条路径上。其操作方法同“相机”栏一样，只是将“相机”二字改为“目标”。





注意

不能同时将相机和目标都链接到一个点。

相机总是从路径的起点开始移动到路径的终点。

如果将相机链接到一个点，而目标链接到一个圆，得到的动画相当于站在一个地方向四周观看。

如果将目标链接到一个点，而相机链接到一个圆，得到的动画相当于始终绕圈注视一个点。

如果将相机和目标链接到同一条路径，即要使动画视图与相机路径一致，路径的方向即视线方向，在“运动路径动画”对话框中，将目标路径设定为“无”（这也是默认设置），或者选择目标路径为同一路径。

如果将相机和目标链接到两条不同路径，视线方向由相机路径指向目标路径，并且视线方向是从相机路径起点指向目标路径起点开始，直到从相机路径终点指向目标路径终点。因此，在相机和目标链接到两条不同路径时，要注意两条路径的方向。如果相机的路径与目标的路径长度不一样，相机会在运动中自动调整方向。

5）在“动画设置”栏，调整动画设置，控制动画文件的输出。

“帧率 （FPS）（F）”文本框：“帧率”指动画运行的速度，以每秒帧数为单位计量。从该文本框输入帧率值，或单击其右侧增减按钮改变帧率值。帧率值范围为1～60，默认值为30。

“帧数（N）”文本框：控制动画中的总帧数。该值与帧率共同确定动画的长度。更改该数值时，将自动重新计算“持续时间”值。从该文本框输入帧数值，或单击其右侧增减按钮改变帧数值。

“持续时间（秒）（D）”文本框：控制动画片断的持续时间。更改该数值时，将自动重新计算“帧数”值。从该文本框输入持续时间值，或单击其右侧增减按钮改变持续时间值。

“视觉样式（V）”下拉列表：从该下拉列表中选择应用于动画文件的视觉样式和渲染预设的列表。视觉样式由命令“visualstyles”设置，渲染由命令“renderpresets”设置。

“格式（R）”下拉列表：从该下拉列表选择动画的文件格式。可以将动画保存为 AVI、MOV、MPG 或 WMV 文件格式。仅当安装 Apple QuickTime Player 后 MOV 格式才可用。仅当安装 Microsoft Windows Media Player 9 或更高版本后，WMV 格式才可用，并将作为默认选项。否则，AVI 将作为默认选项。

“分辨率（S）”下拉列表：从该下拉列表选择以屏幕显示单位定义生成的动画的宽度和高度，默认值为320×240。

“角减速（C）”复选框：选中该项，相机转弯时，以较低的速率移动相机。

“反向 E”复选框：选中该项，反转动画的方向，相当于从动画的末端开始倒退。

“预览时显示相机预览”复选框：选中该项，显示“动画预览”对话框，从而可以在保存动画之前进行预览。

6）“预览”按钮：单击该按钮，“动画预览”对话框（如图 15-19 所示）打开，并显示



动画预览。同时在图形模型中会看到相机沿路径移动的效果。

7）“确定”按钮：单击该按钮，打开“另存为”对话框，在确定了文件位置、文件类型和文件名称后，开始创建视频文件，此时显示“正在创建视频”进度条。

15.3.3 举例

读者打开随书光盘上第 15 章文件夹下的“图 15-23-运动路径动画.dwg”文件，这是一个两层楼的三维图，如图 15-23 所示。其一层与图 15-14 一样。预设置路径两条，红色为相机路径，绿色为目标路径。路径为地面→一楼走廊→一楼小房间→一楼大房间→一楼走廊→上楼梯→二楼走廊→二楼大房间→二楼小房间→二楼走廊。路径由三维多段线命令“3dpoly”所画。请读者打开“运动路径动画”对话框，选择路径演示。选择路径时放大路径起点部分，如图 15-24 所示。

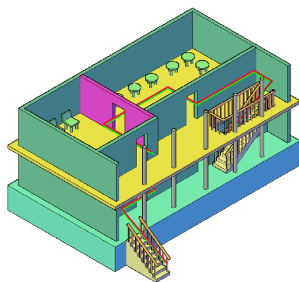


图 15-23 “运动路径动画”举例

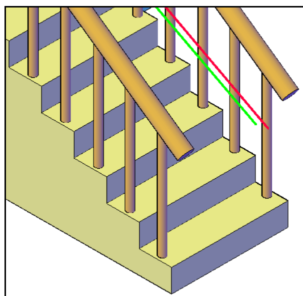


图 15-24 放大路径起点部分

15.4 三维导航命令的右键菜单

在任一三维导航命令执行期间，单击鼠标右键，弹出其右键快捷菜单（如图 15-25 所示），他们自“动画设置（A）…”以下完全一样。其中三维平移“3dpan”，三维缩放“3dzoom”、回旋“3dswivel”、调整视距“3ddistance”的右键快捷菜单如图 15-25a 所示；受约束的动态观察“3dorbit”、自由动态观察“3dforbit”、连续动态观察“3dcorbit”的右键快捷菜单如图 15-25b 所示；漫游“3dwalk”、飞行“3dfly”的右键快捷菜单如图 15-25c 所示。

右键快捷菜单各选项意义如下。

1）退出：退出导航命令。

2）当前模式：显示当前观察模式。

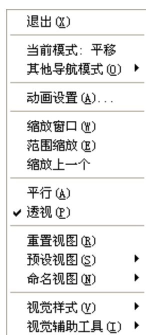
3）其他导航模式：展开子菜单，如图 15-26 所示，可从该菜单转而选择任一三维导航命令，方法是单击菜单项，或在菜单项亮显时输入命令名称后面的数字后回车。关于各导航命令前面已经详述。

4）启用动态观察自动目标：将目标点保持在正查看的对象上，而不是视口的中心点。默认情况下，此功能为打开状态。

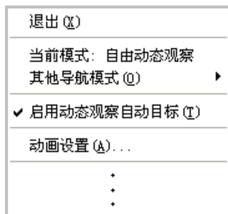
5）显示指令窗口：在屏幕右上方显示如图 15-11 所示的“漫游和飞行导航映射”气球。

6）显示定位器：打开或关闭漫游或飞行时的定位器。

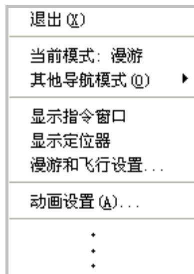
7）漫游和飞行设置…：打开如图 15-13 所示的“漫游和飞行设置”对话框。



a）



b）



c）

受约束的动态观察(C) 1
自由动态观察(F) 2
连续动态观察(O) 3
调整视距(D) 4
回旋(S) 5
漫游(W) 6
飞行(L) 7
缩放(Z) 8
平移(P) 9

图 15-25　三维动态观察的右键快捷菜单

a）三维平移、三维缩放、回旋、调整视距的右键快捷菜单　b）受约束的动态观察、自由动态观察、连续动态观察的右键快捷菜单　c）漫游、飞行的右键快捷菜单

图 15-26　“其他导航模式”子菜单

8）动画设置：打开图 14-21 所示的“动画设置”对话框，从中指定三维导航命令的动画文件设置。

9）窗口缩放：将光标变为窗口图标，命令行提示“指定第一个角点：”和“指定对角点：”，两角点定义缩放窗口，回答提示后窗口区域的图形将被放大。

10）范围缩放：居中显示视图，并调整其大小，使屏幕能显示所有对象。

11）缩放上一个：显示上一个视图。

12）平行：以平行投影方式显示对象（平行投影使图形中的两条平行线永远不会相交。图形中的形状始终保持相同，靠近时不会变形）。

13）透视：按透视投影显示对象（透视投影使所有平行线相交于一点。对象中距离越远的部分显示得越小，距离越近显示得越大。当对象距离过近时，形状会发生某些变形。该视图与肉眼观察到的图像极为接近）。

14）重置视图：在使用任何一个三维导航命令后（但还未退出该命令），选择重置视图将恢复该命令最初显示的视图。

15）预设视图：展开预定义视图（例如俯视图、西南等轴测图等）的子菜单。从子菜单中选择视图来改变模型的当前视图。

16）命名视图：展开图形中命名的视图子菜单。从子菜单中选择命名视图，以更改模型的当前视图。

17）视觉样式：展开视觉样式子菜单，从子菜单中选择所需视觉样式。

18）视觉辅助工具：展开辅助工具子菜单，从中选择形象化的辅助工具。

指南针：绘制由表示 X、Y 和 Z 轴的三条直线组成的三维球体。

栅格：显示类似于坐标图纸的二维直线阵列。此栅格沿 X 和 Y 轴方向。可以使用“grid”命令或打开“草图设置”对话框，设置栅格的显示。

UCS 图标：显示着色的三维 UCS 图标。每个轴分别标记为 X、Y 或 Z。X 轴为红色，Y 轴为绿色，Z 轴为蓝色。

15.5 SteeringWheels

SteeringWheels（操纵轮）是一种追踪菜单，通过该菜单可以使用户通过单一工具访问各种二维和三维导航工具。

15.5.1 SteeringWheels 概述

SteeringWheels（也称作控制盘）是一种追踪菜单，划分为不同部分（称作按钮），每个按钮代表一种导航工具。SteeringWheels 将多个常用导航工具结合到一个单一界面中，从而为用户节省了时间。控制盘特定于查看模型时所处的上下文。各种可用的控制盘见图 15-29～图 15-32。

1．显示控制盘的方法

显示控制盘的方法很多，可执行以下操作之一：

- 下拉菜单：视图（V）→SteeringWheels
- 命令：navswheel↙
- 功能区：三维建模工作空间→“视图”选项卡→“导航”面板→的下拉按钮菜单中任一个可用的 SteeringWheels
- 在图形窗口上单击鼠标右键，打开右键菜单，从中选择SteeringWheels”
- 在“导航栏”上，单击

“导航栏”如图 15-27 所示，“导航栏”打开或关闭的方法是：在三维建模功能区的“视图”选项卡的“窗口”面板，单击按钮，打开下拉菜单，选中“导航栏”前面的复选框；或从命令行输入系统变量“NAVBARDISPLAY”，其值为 0“导航栏”关闭，值为 1“导航栏”打开。



图 15-27　导航栏

2．关闭控制盘的方法

可以使用以下方法之一关闭控制盘：

1）按〈Esc〉或〈Enter〉键。

2）单击控制盘右上角的“×”（关闭）按钮。

3）在控制盘上单击鼠标右键，打开右键菜单，从中选择“关闭控制盘”。

3．使用控制盘

单击控制盘的一个按钮并按住鼠标左键即可激活导航工具，按住鼠标左键移动光标即可重新设置当前视图的方向，这是使用控制盘交互操作的主要方式。松开鼠标左键可返回至控制盘。

4．控制盘的外观

控制盘有“全导航控制盘”、“查看对象控制盘”等，分“大”、“小”（二维导航控制盘除外）样式。利用控制盘菜单，可以在可用的不同控制盘样式之间切换来控制控制盘的外观。

控制盘的当前显示模式由系统变量“NAVSWHEELMODE”控制。“NAVSWHEELMODE”的取值如表 15-1 所示，其初始值为 2。

表 15-1 “NAVSWHEELMODE”的取值

	查看对象控制盘（大）
	巡视建筑控制盘（大）
	全导航控制盘（大）
	二维导航控制盘
	查看对象控制盘（小）
	巡视建筑控制盘（小）
	全导航控制盘（小）

通过“SteeringWheels 设置”对话框，可调整控制盘

的大小和不透明度（控制盘遮挡模型中对象的可见性）等。

5．控制盘工具提示、工具消息以及工具光标文字

控制盘上的每个区域是一个导航工具按钮。光标移动到控制盘上的每个按钮上时，会在控制盘下方显示该按钮的工具提示，提示单击按钮时将要执行的操作。每次在第一个按钮上需光标停留片刻才出现工具提示。

与工具提示类似，当使用控制盘中的一种导航工具（即在控制盘的按钮上按住鼠标左键并拖动）时，系统会显示光标文字和工具消息，光标文字会在光标旁边显示活动导航工具的名称。工具消息提供有关使用工具的基本说明。

15.5.2 控制盘菜单

单击大控制盘右下角的向下箭头，或在控制盘上单击鼠标右键，打开控制盘菜单，如图 15-28 所示。控制盘菜单上提供的菜单项随当前控制盘和程序会有所不同。

控制盘菜单具有各种控制盘选项，如可在不同的控制盘之间切换、转至主视图、更改模型的视图、更改当前控制盘的首选项、控制“动态观察”、“环视”和“漫游”三维导航工具的行为等。用鼠标左键在菜单项上单击，即选择了该项。

查看对象控制盘(小)
巡视建筑控制盘(小)
全导航控制盘(小)
全导航控制盘
基本控制盘
转至主视图
布满窗口
恢复原始中心
使相机水平
提高漫游速度
降低漫游速度
帮助...
SteeringWheel 设置...
关闭控制盘

图 15-28　控制盘菜单

控制盘菜单各选项的作用如下。

查看对象控制盘（小）：显示查看对象控制盘（小）。

巡视建筑控制盘（小）：显示巡视建筑控制盘（小）。

全导航控制盘（小）：显示全导航控制盘（小）。

全导航控制盘：显示全导航控制盘（大）。

基本控制盘：包含子菜单“查看对象控制盘”（显示查看对象控制盘（大））和“巡视建筑控制盘”（显示巡视建筑控制盘（大））。

转至主视图：转至随模型一起保存的主视图。该视图与 ViewCube 工具中的“主视图”选项同步。

布满窗口：调整当前视图大小并将其居中以显示所有对象。

恢复原始中心：将视图的中心点恢复至模型的范围。

使相机水平：旋转当前视图以使其与 XY 地平面相对。

提高漫游速度：将用于“漫游”工具的漫游速度提高一倍。

降低漫游速度：将用于“漫游”工具的漫游降低减小一半。

帮助：启动联机帮助系统，并显示有关控制盘的主题。

SteeringWheels 设置：打开“SteeringWheels 设置”对话框，从中可调整控制盘系统配置。

关闭控制盘：关闭控制盘。

15.5.3 导航控制盘

随模型的不同，可选择不同的控制盘。某些控制盘专用于二维导航，而某些控制盘更适用于三维导航。

1．二维导航控制盘

二维导航控制盘（如图 15-29 所示）用于二维视图的基本导航。通过该控制盘，用户可

以访问基本的二维导航工具。当用户没有带滚轮的定点设备时，该控制盘对用户来说特别有用。打开二维导航控制盘的方法为：

在三维建模工作空间的功能区，单击“视图”选项卡的“导航”面板 SteeringWheels 下的箭头，打开下拉式按钮菜单，选择“二维”。

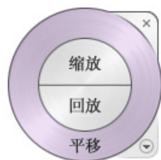


图 15-29　二维导航控制盘

二维控制盘包括“平移”、“缩放”和“回放”工具。

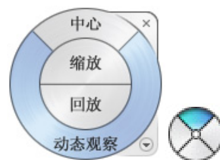
平移：通过平移重新放置当前视图。

缩放：调整当前视图的比例，改变视图大小。

回放：恢复前面某一视图方向。按住鼠标左键，并在“回放历史”面板缩略图中向左或向右移动来选择视图，到合适视图松开左键。

2. 查看对象控制盘

查看对象控制盘（如图 15-30 所示）用于三维导航。通过查看对象控制盘可以查看模型中的单个对象或成组对象。



a)　　b)

图 15-30　查看对象控制盘

a) 大　b) 小

查看对象控制盘（大）经优化适合新的三维用户使用，而查看对象控制盘（小）经优化适合有经验的三维用户使用。打开查看对象控制盘的方法有：

- 在三维建模工作空间的功能区，单击“视图”选项卡的“导航”面板 SteeringWheels 下的箭头，打开下拉式按钮菜单，选择“查看对象（基本型）”或“查看对象（小）”。
- 在控制盘上单击鼠标右键，从控制盘菜单上选择“查看对象控制盘（小）”，或从“基本控制盘”子菜单中选择“查看对象控制盘”。

查看对象控制盘（大）各按钮选项分别说明如下。

中心：在模型上指定一个点以调整当前视图的中心，或更改用于某些导航工具的目标点。

缩放：调整当前视图的比例，改变视图大小。

回放：恢复前面某一视图方向。按住鼠标左键，并在“回放历史”面板缩略图中向左或向右移动来选择视图，到合适视图松开左键。

动态观察：绕固定的轴心点旋转当前视图。

查看对象控制盘（小）具有与查看对象控制盘（大）功能相同的按钮选项。在查看控制盘（小）中各功能按钮及其各自的位置是：缩放（顶部按钮），回放（右侧按钮），平移（底部按钮），动态观察（左侧按钮）。在小控制盘上旋转鼠标即可选择各按钮，当前按钮会亮显。

显示小控制盘时，按住鼠标中键可进行平移，滚动鼠标滚轮可进行放大和缩小等操作。

3. 巡视建筑控制盘

巡视建筑控制盘（如图 15-31 所示）用于三维导航。通过巡视建筑控制盘可以在模型内部（例如建筑物、装配线、轮船或石油钻塔）中移动。用户还可以围绕模型进行漫游或导航。



a)　　b)

图 15-31　巡视建筑控制盘

a) 大　b) 小

巡视建筑控制盘（大）经优化适合新的三维用户使用，而巡视建筑控制盘（小）经优化适合有经验的三维用户使用。打开巡视建筑控制盘的方法有：

- 在三维建模工作空间的功能区，单击“视图”选项卡的“导航”面板 SteeringWheels 下的箭头，打开下拉式按钮菜单，选择“巡视建筑（基本型）”或“巡视建筑（小）”。
- 在控制盘上单击鼠标右键，从控制盘菜单上选择“巡视建筑控制盘（小）”，或从“基本控制盘”子菜单中选择“巡视建筑控制盘”。

巡视建筑控制盘（大）各按钮选项分别说明如下。

向前：调整当前视点与所定义的模型轴心点之间的距离。移动 SteeringWheels 到对象上，在“向前”按钮上按住鼠标左键上下移动光标即开始调整当前视点；如果单击一次“向前”按钮，将向前移动至距之前单击的对象位置距离的一半处。

环视：回旋当前视图。

回放：恢复前面某一视图方向。按住鼠标左键，并在“回放历史”面板缩略图中向左或向右移动来选择视图，到合适视图松开左键。

向上/向下：按住鼠标左键上下移动光标，沿模型的 Z 轴滑动模型的当前视图。

巡视建筑控制盘（小）的顶部按钮是“漫游”，用于模拟在模型中的漫游。其余按钮分别是：“回放”（右侧按钮），“向上/向下”（底部按钮），“环视”（左侧按钮）。

同样，显示小控制盘时，按住鼠标滚轮可进行平移，滚动鼠标滚轮可进行放大和缩小等操作。

4．全导航控制盘

全导航控制盘（如图 15-32 所示）将二维导航控制盘、查看对象控制盘和巡视建筑控制盘上的二维和三维导航工具组合到一个控制盘上。用户可以查看各个对象以及围绕模型进行漫游和导航。

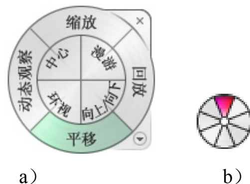


图 15-32 全导航控制盘

a）大 b）小

全导航控制盘大和全导航控制盘小经优化适合有经验的三维用户使用。打开全导航控制盘的方法有：

- 在三维建模工作空间的功能区，单击“视图”选项卡的“导航”面板 SteeringWheels 下的箭头，打开下拉式按钮菜单，选择“全导航”或“全导航（小）”。
- 在控制盘上单击鼠标右键，从控制盘菜单上选择“全导航控制盘”或“全导航控制盘（小）”。

全导航控制盘（大）按钮具有以下选项。

缩放：调整当前视图的比例。

回放：恢复前面某一视图方向。按住鼠标左键，并在“回放历史”面板缩略图中向左或向右移动来选择视图，到合适视图松开左键。

平移：通过平移重新放置当前视图。

动态观察：绕固定的轴心点旋转当前视图。

中心：在模型上指定一个点以调整当前视图的中心，或更改用于某些导航工具的目标点。

漫游：模拟在模型中的漫游。

环视：回旋当前视图。

向上/向下：沿模型的 Z 轴滑动模型的当前视图。

全导航控制盘（小）各按钮分别是：“缩放”（顶部按钮），“漫游”（右上方按钮），“回放”（右侧按钮），“向上/向下”（右下方按钮），“平移”（底部按钮），“环视”（左下方按钮），“动态观察”（左侧按钮），“中心”（左上方按钮）。

同样，显示其中一个全导航控制盘时，按住鼠标中键可进行平移，滚动鼠标滚轮可进行放大和缩小等操作。

15.5.4 导航工具

1. “中心”工具

“中心”工具（如图 15-33 所示）用于在模型上指定一个点作为当前视图的中心。该工具也可为“缩放”工具和“动态观察”工具指定目标点。

若要定义模型的当前视图中心，鼠标左键单击并按住“中心”按钮，将光标拖动到模型中所需位置上方，这时除显示光标外还会显示一个球体（轴心点），当用户松开鼠标左键后，将平移模型，直至该球体被置于视图中心位置。松开鼠标左键返回控制盘。

“中心”工具定义的点为“缩放”工具提供焦点，为“动态观察”工具提供轴心点。如果用户想从刚定义的中心点使用全导航控制盘缩放，按住〈Ctrl〉键，然后再使用缩放工具。



注意　如果光标不在模型上，则无法设置中心，并且只显示光标，而不显示球体。

2. “向前”工具

“向前”工具（如图 15-34 所示）通过增大或减小当前视点与轴心点之间的距离来更改模型的比例。可以向前或向后移动的距离受轴心点位置的限制。

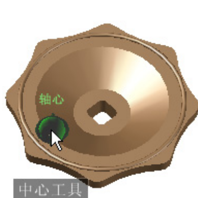


图 15-33 “中心”工具

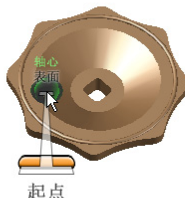


图 15-34 “向前”工具

若要调整当前视点和轴心点之间的距离，将光标移动到模型上，鼠标左键单击并按住“向前”按钮，此时将显示拖动距离指示器，将光标向上或向下拖动以更改视点与模型间的距离。拖动距离指示器上的两端标记，将显示距当前视点的起点距离和目标距离。当前的拖动距离通过橙色的位置指示器显示。向上或向下滑动位置指示器可以减小或增大距轴心点的距离。松开鼠标左键返回控制盘。



注意　如果单击一次“向前”按钮，模型将前进当前位置与轴心点之间距离的 50%。

3. “环视”工具

“环视”工具（如图 15-35 所示）用于绕固定点垂直和水平地旋转当前视图。旋转视图时，用户的视线会绕当前视点位置旋转，就如同转头一样。可以将“环视”工具比作站在固定位置处向上、向下、向左或向右看。

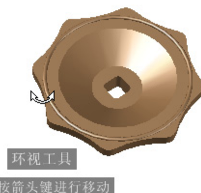


图 15-35 “环视”工具

若要使用环视工具调整模型的视图，鼠标左键单击并按住

“环视”按钮，光标将变为“环视”光标，拖动光标，模型绕当前视图的位置旋转。松开鼠标左键返回控制盘。

从全导航控制盘（大）中使用“环视”工具时，鼠标左键单击并按住“环视”按钮的同时，按住键盘上的方向键（〈↑〉、〈↓〉、〈←〉、〈→〉）可在模型中漫游。使用“SteeringWheels 设置”对话框可调整漫游速度。

若要反转环视工具的垂直轴，在“SteeringWheels 设置”对话框中，选中“反转环视工具的垂直轴”。此时，向下拖动光标会降低视图的目标点；向上拖动光标会升高视图的目标点。

4. “动态观察”工具

“动态观察”工具（如图 15-36 所示）用于基于固定的轴心点更改模型的方向。鼠标左键单击并按住“动态观察”按钮，光标将变为动态观察光标。拖动光标时，模型将绕轴心点旋转，而视图保持固定。松开鼠标左键返回控制盘。

动态观察时，轴心点是“动态观察”工具旋转模型时使用的基点。可以按以下方式指定轴心点：

默认轴心点：用户第一次打开模型时，当前视图的目标点将用做动态观察模型时的轴心点。

选择对象：将“动态观察”工具用于计算轴心点之前，在未激活任何命令时用光标选择对象，轴心点基于选定对象的范围的中心来计算。

“中心”工具：使用中心工具在模型上指定一个点，该点作为动态观察时的轴心点。

按住〈Ctrl〉键，同时单击并拖动：按住〈Ctrl〉键单击“动态观察”按钮，或当“动态观察”工具处于活动状态时按住〈Ctrl〉键，然后将光标拖动到模型上要用作轴心点的点，松开〈Ctrl〉键。只有在使用全导航控制盘（大或小）或查看对象控制盘（小）时，该选项才可用。


注意

当“动态观察”工具处于活动状态时，用户可以随时按住〈Ctrl〉键移动“动态观察”工具使用的轴心点。此轴心点在被移动之前，将一直用于后续导航。

通过选择保持模型的向上方向，可以控制绕轴心点动态观察模型的方式。保持向上方向时，动态观察将约束为沿 XY 轴（朝 Z 方向）。如果水平拖动，相机将平行于 XY 平面移动。如果垂直拖动，相机将沿 Z 轴移动。

如果未保持向上方向，则用户可以使用以轴心点作为中心的滚动环来滚动模型。在“SteeringWheels 设置”对话框中可设置是否对“动态观察”工具保持向上方向。

5. “平移”工具

“平移”工具（如图 15-37 所示）通过平移重新放置模型的当前视图。

鼠标左键单击并按住“平移”按钮，光标将变为“平移”光标（四向箭头），拖动光标，模型沿拖动方向移动。例如，向上拖动时将向上移动模型，而向下拖动时将向下移动模型。松开鼠标左键返回控制盘。

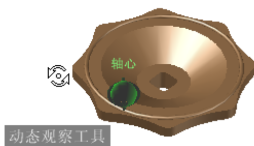


图 15-36 “动态观察”工具

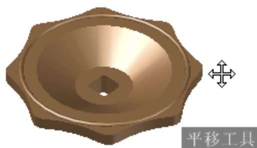
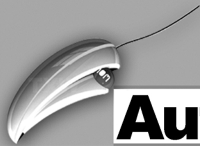
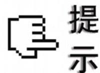


图 15-37 “平移”工具





提示　如果光标到达屏幕边缘，可以通过进一步拖动光标以使其在屏幕上折返，来继续平移。

显示二维导航控制盘、全导航控制盘或其中一个小控制盘时，按住滚轮或中键，光标将变为“平移”光标，拖动光标，也可平移模型。

6.“回放”工具

“回放”工具（如图 15-38 所示）用于恢复前面某一视图，也可以在先前视图中向后或向前查看。

使用导航工具重新设置模型视图的方向时，会将模型先前视图的表示以及缩略图保存到导航历史中。通过“回放”工具，用户可以从导航历史中检索先前的视图，恢复先前的特定视图或滚动浏览所有已保存的视图。

系统会为每个图形窗口保留单独的导航历史，在关闭窗口后，将不会再保留该窗口的导航历史。

鼠标左键单击并按住“回放”按钮，将显示“回放历史”面板，按住鼠标左键向左或向右拖动，当前位置通过沿“回放历史”面板移动的橙色框指示。向左拖动可恢复或浏览更早的视图，向右拖动可恢复或浏览比当前查看的视图更晚的视图（必须在之前已使用过“回放”工具，才可以在右侧查看可用的视图）。要恢复导航历史中的某个视图，将橙色指示框停留在该视图面板上，并松开鼠标左键，该视图显示。松开鼠标左键返回控制盘。

视图更改时，先前视图将被记录至导航历史记录。如果通过控制盘更改了视图，将自动生成一个缩略图，该缩略图将添加至“回放历史”面板。如果不是通过控制盘更改的视图，则仅当系统变量“CAPTURETHUMBNAILS”设置为 2 时才会生成缩略图。可以在“SteeringWheels 设置”对话框中控制何时为视图更改生成缩略图。

7.“向上/向下”工具

“向上/向下”工具（如图 15-39 所示）用于沿模型的 Z 轴滑动，以调整当前视图的垂直标高。

鼠标左键单击并按住“向上/向下”按钮，将显示垂直距离指示器。垂直距离指示器显示允许的运动范围，上、下两个标记显示视图可以具有的最高（顶部）和最低（底部）标高。向上或向下拖动光标更改视图的标高。当前标高将以亮橙色指示器显示，而先前标高以暗橙色指示器显示。松开鼠标左键返回控制盘。

8.“漫游”工具

“漫游”工具（如图 15-40 所示）用于模拟在模型中的漫游。

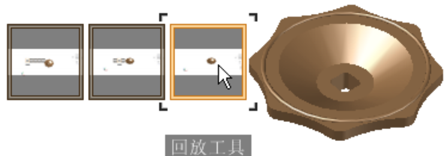


图 15-38 “回放”工具

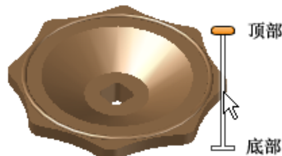


图 15-39 “向上/向下”工具

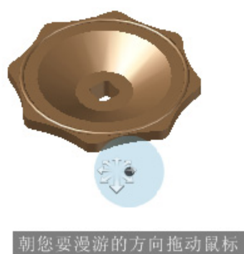


图 15-40 “漫游”工具

鼠标左键单击并按住“漫游”按钮，光标将变为显示一组箭头的“漫游”光标，“中心圆点”图标显示在视图底部附近，朝要漫游的方向拖动光标实现漫游。

（1）移动速度

在模型中漫游或“飞行”时，可以控制移动速度。移动速度由光标移动离开中心圆图标的距离（距离越远速度越快）和当前移动速度设置控制。使用“漫游”工具时，可以永久或临时调整移动速度设置。要永久调整移动速度，在“SteeringWheels 设置”对话框的“漫游工具”栏，向左拖动“漫游速度”滑块以降低漫游速度，或向右拖动该滑块以提高漫游速度。要临时提高移动速度，可以在使用“漫游”工具时按住〈+〉键。

（2）约束漫游角度

在模型中漫游时，如果在“SteeringWheels 设置”对话框的“漫游工具”栏，选中“将漫游角度约束到地平面”，则将保持固定的相机视点标高的自由漫游，即漫游时将移动角度约束至地平面，平行于模型的地平面移动。否则，是未约束漫游角度，用户将向查看方向“飞行”。

（3）更改标高

在漫游时，可以临时调整相机标高。按住〈Shift〉键临时激活“向上/向下”工具，向上或向下拖动光标可以调整相机的标高；按向上箭头或向下箭头键来调整视图高度。

9．“缩放”工具

“缩放”工具（如图 15-41 所示）可调整模型当前视图的缩放比例。使用以下鼠标单击和按键组合可以控制“缩放”工具的行为：

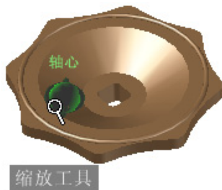


图 15-41 “缩放”工具

（1）鼠标左键单击

如果控制盘为“查看对象控制盘（大）”，鼠标左键单击控制盘上的“缩放”工具按钮，当前视图将放大 25%。如果按住〈Shift〉键，然后单击控制盘上的“缩放”工具，则当前视图将缩小 25%。

如果控制盘为“全导航控制盘”（不论大小），或“查看对象控制盘（小）”，在“SteeringWheels 设置”对话框中的“缩放工具”栏，选中“启用单击增加缩放程度”。鼠标左键单击“缩放”工具按钮，当前视图将放大 25%。如果按住〈Shift〉键，然后单击“缩放”工具，则当前视图将缩小 25%，但此时，系统会从光标的当前位置而不是当前轴心点执行缩放。如果按住〈Ctrl〉键并单击“缩放”工具，当前视图也将放大 25%，但此时，系统会从当前轴心点而不是光标位置执行缩放，即中心点不会更改。

（2）单击鼠标左键并拖动

鼠标左键单击并按住“缩放”按钮，光标将变为“缩放”光标，向上和向下拖动光标可以放大或缩小模型。

如果使用的是“全导航控制盘”或“查看对象控制盘（小）”，单击并拖动时按住〈Ctrl〉键，“缩放”工具将使用“缩放”、“动态观察”或“中心”工具定义的先前轴心点的位置。

（3）鼠标滚轮前、后滚动

在显示除“巡视建筑控制盘（大）”之外的其中一个控制盘时，向前或向后滚动鼠标滚轮，可以进行放大或缩小。


注意

使用“全导航控制盘”或“查看对象控制盘”的“缩放”工具时，视图中用户单击以进行缩放的点将成为后续动态观察操作的中心点，直至用户再次使用“缩放”工具或使用“中心”工具。

15.5.5 “SteeringWheels 设置”对话框

在控制盘上单击鼠标右键，打开右键菜单，选择“SteeringWheels 设置”，将打开“SteeringWheels 设置”对话框，从中可以控制 SteeringWheels 的显示。“SteeringWheels 设置”对话框如图 15-42 所示。



图 15-42 “SteeringWheels 设置”对话框

1. “大控制盘”栏

预览缩略图：根据当前设置，显示大控制盘的实时预览。

“控制盘大小”滑条：设置大控制盘的显示大小。由系统变量“NAVSWHEELSIZEBIG”控制，“NAVSWHEELSIZEBIG”取值 0（小）、1（中）、2（大）。按住鼠标左键拖动滑块改变显示大小。

“控制盘不透明度”滑条：确定大控制盘的不透明度级别。由系统变量“NAVSWHEELOP ACITYBIG”控制，有效值范围为 25%～90%。当设置为 90%时，大控制盘将几乎完全不透明地显示在图形窗口中，并遮挡住控制盘下面的对象的视图。当设置为小于 90%的值时，大控制盘将在图形窗口中淡显，不太遮挡控制盘下面的对象。按住鼠标左键拖动滑块可以改变不透明度。

2. “小控制盘”栏

预览缩略图：根据当前设置，显示小控制盘的实时预览。

控制盘大小：设置小控制盘的显示大小。由系统变量“NAVSWHEELSIZEMINI”控制，取值（小）、1（正常）、2（大）、3（最大）。按住鼠标左键拖动滑块改变显示大小。

控制盘不透明度：确定小控制盘的不透明度级别。由系统变量“NAVSWHEELOPACITYMINI”控制，有效值范围为 25%～90%。当设置为 90%时，小控制盘将几乎完全不透明地显示在图形窗口中，并遮挡住控制盘下面的对象的视图。当设置为小于 90%的值时，小控制盘将在图形窗口中淡显，不太遮挡控制盘下面的对象。按住鼠标左键拖动滑块可以改变不透明度。

3．“显示”栏：

“显示工具消息”复选框：控制当前工具的消息是否显示。

“显示工具提示”复选框：控制控制盘上按钮的工具提示是否显示。



4．“漫游工具”栏

“漫游速度”滑条：设置漫游工具的移动速度。按住鼠标左键拖动滑块改变漫游速度。

5．“缩放工具”栏

“启用单击增加缩放程度”复选框：控制在全导航控制盘的缩放工具上单击是否可将当前视图以 25%的比例放大。

6．“回放缩略图”栏

控制何时为不使用控制盘所做的视图更改生成缩略图。生成的缩略图被应用于回放工具中（系统变量“CAPTURETHUMBNAILS”取值 0、1、2）。

“从不”单选按钮：如果选中，指定视图更改发生在 SteeringWheels 之外时不生成预览缩略图。

“将光标夹点移至空禎上方时根据需要生成”单选按钮：如果选中，将括号定位至空框上方时，根据需要为回放工具生成预览缩略图。

“更改视图时自动生成”单选按钮：每次更改视图后，将自动生成预览缩略图。

7．“反向环视工具的垂直轴”复选框

确定使用环视工具时拖动鼠标以将当前视图的源点和目标点向上或向下移动的方向。

8．“保持场景正立”复选框

选中与否指定使用动态观察工具时是否可以倒置模型的视口。

9．“将移动角度约束到地平面”复选框：控制使用环视和向上/向下工具时是否可以沿 Z 方向调整当前视图。

10．“恢复默认设置”按钮

单击该按钮，应用 SteeringWheels 的默认设置。

第 16 章　光　　源

可以向模型场景中添加光源以创建更加真实的渲染效果。

本章涉及一些光学术语，请读者参阅相关资料。

16.1　光源概述

首先注意，要在视口中显示光源效果，应采用“真实视觉样式”。不论视口中采用何种视觉样式，渲染后都会显示光源效果。

16.1.1　可用光源

AutoCAD 中可以使用以下 4 种光源。

1．默认光源

用户在场景中没有设置光源时，将使用默认光源对场景进行着色。默认光源是来自视点后面的两个平行光源。在移动、旋转模型时，模型中所有的面均被照亮，以使其可见。使用默认光源可以控制亮度和对比度，但不需要自己创建或放置光源。

如果用户要插入自定义光源或添加太阳光源时，可以禁用默认光源。在多视口时，可以仅将默认光源应用到某一视口。同时还可以将自定义光源应用到渲染。

2．人工光源

添加人工光源可为场景提供真实外观，增强场景的清晰度和三维性，达到用户想要的效果。人工光源包括点光源、聚光灯、光域灯光和平行光。对于人工光源，可将其打开或关闭，可更改其特性（如颜色和衰减等），且更改的效果将在视口实时显示出来。

使用不同的光线轮廓（图形中显示光源位置的符号）表示每个聚光灯、点光源和光域灯光。绘图时，可以打开或关闭光线轮廓的显示。默认情况下不打印光线轮廓。

在图形中，不会用轮廓表示平行光和阳光，因为他们没有离散的位置并且也不会影响到整个场景。

3．自然光源

在场景中可以使用自然光源，自然光源为阳光与天光。自然光源由视口背景类型交互表示。

阳光是一种类似于平行光的特殊光源，用户为模型指定的地理位置以及指定的日期和当日时间定义了阳光的角度。用户可以调整阳光的强度及颜色等特性。

在光度控制流（即使用光度控制的工作流程）中，阳光在视口和渲染输出中均遵循物理上更加精确的光源模型。同时，还可通过天光背景和照明功能启用天空照明，天空照明可以添加由于阳光和大气之间的相互作用而产生的柔和、微薄的光源效果。

4．灯具对象

灯具可以通过在包含几何图形的块中嵌入光度控制光源来表示。灯具对象将一组光源对

象合并到一个灯具中。灯具对象通过插件提供，本书讨论从略。

16.1.2 光度控制光源

要更精确地控制光源，可以使用光度控制光源照亮模型。光度控制光源使用光度（光能量）值，光度值使用户能够按光源在现实中显示的样子更精确地对其进行定义。光度控制光源是真实准确的光源，按距离的平方衰减。光度控制光源可以创建具有各种分布和颜色特征，或输入光源制造商提供的特定光度控制文件。

可以将光度控制特性添加到人工光源和自然光源中。

光度控制光源可以使用制造商的 IES（照明工程协会）标准文件格式。通过使用制造商的光源数据，用户可以在模型中显示商业上可用的光源。然后可以尝试不同的设备，并且通过改变光强度和颜色温度，用户可以设计生成所需结果的光源系统。

16.1.3 有关光度的术语

这里仅给出简单解释，准确定义请参考相关文献。

① SI：意指国际单位制。

② 坎德拉（符号：cd）：发光强度单位。

③ 烛光：发光强度单位。1 坎德拉≈1 烛光。

④ 发光强度：光源在指定方向的单位立体角内发出的光通量。发光强度简称光强，国际单位是坎德拉。

⑤ 光亮度：光亮度是指入射到每单位面积表面上的总光通量。单位是坎德拉/平方米。

⑥ 光通量：光通量是指每单位立体角中的可感知能量。一盏灯的总光通量为沿所有方向发射的可感知的能量。光通量的单位是流明（lm）。

⑦ 流明（符号：lm）：光通量的单位。发光强度为 1 坎德拉（cd）的点光源，在单位立体角内发出的光通量为“1 流明”。

⑧ 照度：照度是指对光源沿特定方向发出的可感知能量。照度的单位是勒克斯（lx）。1 流明的光通量均匀分布在 1 平方米面积上的照度为 1 勒克斯。

⑨ 勒克斯（符号：lx）：照度的国际单位（SI），又称米烛光。1 流明的光通量均匀分布在 1 平方米面积上的照度，就是一勒克斯也就是一支点燃的蜡烛，在距被照射物体一米远的距离上投射在该物体上的光的亮度为一米烛光。$Lx= Lm/m^2$ 。

⑩ 尺烛光（符号：fc）：当长度以尺为单位时的照度单位。一流明之光束照射于一平方尺面积上可获得一尺烛光的照度，$fc =Lm/ft^2$。

16.1.4 照明原则

摄影师、电影摄制者和舞美设计师使用的照明原则，可以帮助用户在 AutoCAD 中设置场景的光源。

光源的选择取决于场景是模拟自然照明的还是人工照明的。自然照明的场景（例如日光或月光）从单一光源获取最重要的照明。人工照明的场景通常具有多种强度类似的光源。

1. 自然光源

在模拟自然照明场景中，注意到在地水准平面的实际用途中，日光是来自单一方向的平

行光线，其方向和角度根据时间、纬度和季节而变化。

晴天时，日光颜色为浅黄色，例如其三原色（红、绿、蓝）RGB 值可为 250、255、175。多云天气会使日光呈蓝色，而暴风雨天气会使日光呈深灰色。空气中的微粒会使日光呈橙色或褐色。日出和日落时，橙色或红色会比黄色多。

天气越晴朗，阴影越清楚，并且阴影可能对显示自然照明场景的三维数非常重要。

定向光源也可以模拟与日光相比洁白却暗淡的月光。

2．人工光源

由点光源、聚光灯、平行光或光域灯光照明的场景为人工照明场景。了解光源的工作方式对设置场景很有用。

光源光线射到曲面上时，曲面将反射光线（至少会反射一部分），从而使我们可以看到曲面。曲面的外观取决于射到曲面上的光线和曲面材质的特性（例如颜色、平滑度和不透明度）。其他因素（例如光源的颜色、强度、衰减和入射角度）也影响对象在场景中的显示。

16.2　光源类型、色调映射和光源调整

选定的光源类型将会全面影响图形。

16.2.1　光源类型

AutoCAD 提供了三种光源：标准（常规）、国际（SI）和美制。标准（常规）光源相当于 AutoCAD 2008 之前的版本中 AutoCAD 的光源。在 AutoCAD 2008 及更高版本中创建的图形的默认光源工作流是基于国际（SI）光源单位的光度控制工作流，此选择将产生真实准确的光源。还提供美制光源单位，美制单位与国际单位的不同之处在于美制的照度值使用尺烛光而非勒克斯。

在早期版本的 AutoCAD 中，标准光源为默认设置。用户可以使用系统变量“LIGHTINGUNITS”更改光源类型。“LIGHTINGUNITS”取值为 0 表示标准（常规）光源。此系统变量取值为 1 或 2 时，启用光度控制光源。取值为 1 表示使用美制单位的光度控制光源，取值为 2 表示使用国际标准单位的光度控制光源。

更改光源类型的方法有两种：

方法 1：在三维建模工作空间功能区的“渲染”选项卡上，单击“光源”面板的向下箭头▼，打开“光源单位”下拉菜单（如图 16-1a 所示），再单击“常规光源单位”（或“国际光源单位”或“美制光源单位”，选择哪个选项与当前的默认光源有关），打开下拉子菜单如图 16-1b 所示，从中选择光源类型。



a）



b）

图 16-1　“光源单位”下拉菜单

a）“光源单位”下拉菜单　b）“光源单位”下拉子菜单

当选择了国际光源单位或美制光学单位后，即启用光度控制光源。以后在模型中添加每个光源后，它将会具有光度控制光源特性。

方法 2：在命令提示下，输入系统变量 LIGHTINGUNITS 更改光源类型。此时命令行提示：

输入 LIGHTINGUNITS 的新值<当前值>：直接回车或输入“0”、“1”、“2”回车

直接回车是默认当前光源。以 0 响应该提示，表示应用标准（常规）光源。以 1 或 2 响应该提示，即启用光度控制光源；取值 1 表示使用美制单位的光度控制光源，取值 2 表示使用国际标准单位的光度控制光源。



图 16-2 “调整渲染曝光”对话框

16.2.2 色调映射

通常使用光度控制光源（特别是阳光）时，需要执行色调映射。可以使用 renderexposure 命令调整色调映射。命令的输入方式有：

- 命令行：renderexposure ↙
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“渲染”面板的向下箭头▼→“调整曝光”

命令输入后将显示“调整渲染曝光”对话框，对话框提供了调整色调映射的预览和控件，如图 16-2 所示。



将“LIGHTINGUNITS”系统变量设置为 0 时，由于未启用曝光控制，因此“调整渲染曝光”对话框不可用。

“调整渲染曝光”对话框将最近渲染的输出作为参照，调整当前视口的渲染曝光设置，而不必等待新的渲染。一旦调整，即显示预览。对话框有以下选项：

亮度：调整已转换的颜色的亮度。取值范围为 0～200，默认值为 65。单击右格可改变其值。

对比度：控制使用光度控制光源时视口的对比度级别。取值范围为 0～100，默认值为 100。单击右格可改变其值。

中色调：控制使用光度控制光源时视口的中间色调级别。取值范围为 0～20，默认值为 1。单击右格可改变其值。

室外日光：控制使用光度控制光源时是否启用室外日光标志。值为“开”、“关”或“自动”，默认值为“自动”。单击右格可在下拉列表中进行选择。

过程背景：指定渲染时，是否应通过曝光控制处理背景。值为“开”或“关”，默认值为“关”。单击右格可在下拉列表中进行选择。

16.2.3 “光源单位”下拉菜单

单击“光源”面板的向下箭头▼，将打开“光源单位”下拉菜单，如图 16-1a 所示，

1. 默认光源 默认 光源

单击该选项，在当前视口中打开或关闭默认光源。打开默认光源时，阳光和其他光源将不投射光源（即使已打开这些光源）。这一操作相当于在命令行执行系统变量“DEFAULTLIGHTING”。“DEFAULTLIGHTING”取 0，当打开点光源、聚光灯、平行光或阳光时，默认光源将自动

关闭；“DEFAULTLIGHTING”取 1，仅打开默认光源。

2. 光源亮度 亮度 0.0

控制当前视口中的光源亮度级别。使用方法是：将光标移到滑块上，光标变为双向箭头，按住鼠标左键左右拖动滑块，即可改变亮度。也可在其右边数字框中输入亮度值。注意，如果使用标准（常规）光源，在亮度值变为 0 后，还可继续向左拖动滑块，因为此时亮度值可以取负值。

在使用默认光源或标准（常规）光源时（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 0），对亮度的操作相当于改变系统变量“LINEARBRIGHTNESS”的值。“LINEARBRIGHTNESS”的有效值为-10～10 的整数。

在使用光度控制光源时（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 1 或 2），对亮度的操作相当于改变系统变量“LOGEXPBRIGHTNESS”。“LOGEXPBRIGHTNESS”有效值范围为 0～200。

3. 光源对比度 对比度 0.0

控制当前视口中的光源对比度级别。使用方法是：将光标移到滑块上，光标变为双向箭头，按住鼠标左键左右拖动滑块，即可改变对比度；也可在其右边数字框中输入对比度值。注意，如果使用标准（常规）光源，在对比度值为 0 后，还可继续向左拖动滑块，因为此时对比度值可以取负值。

在使用默认光源或标准（常规）光源时（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 0），对对比度的操作相当于改变系统变量“LINEARCONTRAST”的值。“LINEARCONTRAST”的有效值为-10～10 的整数。

在使用光度控制光源时（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 1 或 2），对对比度的操作相当于改变系统变量“LOGEXPCONTRAST”的值。“LOGEXPCONTRAST”有效值范围为 0～100。

4. 光源中间色调 中间色调 0.23

仅在使用光度控制光源时（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 1 或 2），光源中间色调才可用。

中间色调控制当前视口中的光源中间色调级别。使用方法是：将光标移到滑块上，光标变为向双向箭头，按住鼠标左键左右拖动滑块，即可改变中间色调；也可在其右边数字框中输入中间色调值。

对中间色调的操作相当于改变系统变量“LOGEXPMIDTONES“的值。“LOGEXPMIDTONES”有效值范围为 0.01～20。

在进行以上对光源亮度、对比度和中间色调的调整后，在“调整渲染曝光”对话框中会相应改变，反之亦然。

5. 光线轮廓显示 光线轮廓显示

单击该选项，可以控制点光源、聚光灯、平行光或光域灯光的光线轮廓是否在视口中显示。

6. 光源单位下拉列表 国际光源单位

单击该下拉列表，从中选择“常规光源单位”、“美制光源单位”或“国际光源单位”。

7. 按钮 或

单击按钮，使其变为；单击按钮，使其变为。显示按钮时，光标离开“光源单位”下拉菜单，菜单会自动收缩。显示按钮时，光标离开“光源单位”下拉菜单，菜

单不会自动收缩。

8．按钮 ↘

单击右下角的按钮 ↘，打开“模型中的光源”选项板，参看本章 16.8.1 节。



16.3 使用点光源

16.3.1 点光源概述

1．点光源

点光源从其所在位置向四周发射光线，点光源不以一个对象为目标。使用点光源可以达到基本的照明效果。使用命令“pointlight”可以创建点光源，使用“targetpoint”可以命令创建目标点光源。目标光源可以指向一个对象。

在标准光源流中可以手动设置点光源，使其强度随距离线性衰减（与距离的平方成反比）或者不衰减。默认情况下，衰减设置为“无”。

2．光度控制流中的点光源

点光源可以有光度控制分布特性。要启用光度控制光源，可以将系统变量“LIGHTINGUNITS”置为 1（国际标准单位）或 2（美制单位）。打开“特性”选项板，选中启用光度控制光源，在“特性”选项板上，将出现“光度控制特性”栏，其中有四项：灯的强度、结果强度、灯的颜色和结果颜色。光度控制的点光源，将禁用衰减类型特性，光源具有固定的平方反比衰减（设置“特性”选项板的“衰减”栏的“类型”格为只读）。相关解释参看 16.8.2 节。

16.3.2 点光源命令

“pointlight”命令用于创建可从所在位置向所有方向发射光线的点光源。使用点光源可获得基本照明效果。命令的输入方式有：

- 命令行：pointlight ↙
- 工具栏：光源；渲染工具栏→的下拉按钮菜单→
- 下拉菜单：视图（V）→渲染（E）→光源（L）→ 新建点光源（P）
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“光源”面板的“创建光源”下拉按钮菜单→

第一次使用“pointlight”命令将首先出现“光源—视口光源模式”提示框，如图 16-3 所示。

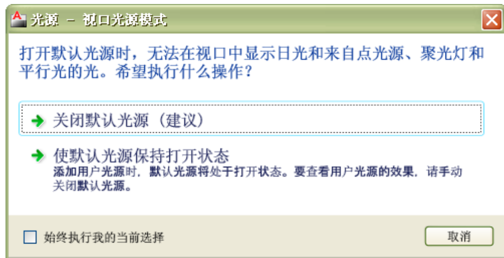


图 16-3 “光源—视口光源模式”提示框

如果选择“关闭默认光源（建议）”或直接回车，将关闭默认光源。

如果选择“使默认光源保持打开状态”，添加人工光源或日光后，默认光源将保持打开状态，但无法看到人工光源或日光的效果，若要查看添加人工光源或日光后的效果，需用户再次关闭默认光源。手动打开关闭默认光源方法是单击“光源单位”下拉菜单（如图 16-1a 所示）的 ；或从命令行输入系统变量“DEFAULTLIGHTING”，以 0（打开）或 1（关闭）回答。

无论选择“关闭默认光源（建议）”还是选择“使默认光源保持打开状态”，提示框都会关闭，命令行提示：

指定源位置<0，0，0>: *输入点的坐标值 或 用鼠标指定一点*

如果系统变量“LIGHTINGUNITS”的值为 0（即采用常规光源单位），接下来主提示为：

输入要更改的选项 [名称（N）/强度（I）/状态（S）/阴影（W）/衰减（A）/颜色（C）/退出（X）]<退出>:

如果将系统变量“LIGHTINGUNITS”的值设置为 1 或 2（国际光源单位或美制光源单位），接下来的主提示为：

输入要更改的选项 [名称（N）/强度因子（I）/状态（S）/光度（P）/阴影（W）/衰减（A）/过滤颜色（C）/退出（X）]<退出>:

注意 “LIGHTINGUNITS”为 1 或 2 时，“衰减”选项对光源创建没有任何影响。只是为了保持脚本兼容性才保留了此选项。

主提示的各个选项的意义如下：

1．名称（N）

为光源重新命名。对主提示输入“N”回车，接下来提示：

输入光源名称 <点光源×>: *输入光源名。直接回车使用默认光源名“点光源×”。*

光源名称中可以使用大小写字母、数字、空格、连字符“-”和下画线“_”。最大长度为 256 个字符。

2．强度（I）/强度因子（I）

设置光源的强度或亮度。取值范围为 0～系统支持的最大值。对主提示输入“I”回车，接下来提示：

输入强度（0.00 - 最大浮点数）<1>: *输入强度值 或 直接回车使用默认值*

3．状态（S）

打开和关闭光源。如果图形中没有启用光源，则该设置没有影响。对主提示输入“S”回车，接下来提示：

输入状态 [开（N）/关（F）] <开>: *输入“N”回车打开光源，输入“F”回车关闭光源 或 直接回车采用默认选项*

4．光度（P）

请读者结合 16.1.3 节阅读。

当系统变量“LIGHTINGUNITS”的值为 1 或 2 时，光度可用。对主提示输入“P”回车，接下来是光度更改提示：

输入要更改的光度控制选项[强度（I）/颜色（C）/退出（X）]<强度>: *输入“I”回车更改光度强度，输入“C”回车更改颜色，输入“X”回车返回主提示，直接回车更改强度*

1）对光度更改提示输入“I”回车，接下来提示：

输入强度（Cd）或输入选项[光通量（F）/照度（I）]<1500>: *直接输入数值回车将更改以烛光表示的*

强度值，输入“F”回车将更改光通量值，输入“I”回车将更改照度值。

若更改光通量值，接下来的提示为：

输入光通量（Lm）<当前值>: *输入光通量值 或 直接回车使用当前值*

接下来回到光度更改提示。



若更改照度值，接下来的提示为：

输入照度（Fc）或输入选项[距离（D）]<当前值>: *输入照度值 或 直接回车使用当前值回到光度更改提示；输入“D”回车将指定用于计算照度的距离*

输入“D”回车，接下来提示：

输入平行光 <1>: *输入值回车*

接下来回到光度更改提示。

2）对光度更改提示输入“C”回车，接下来提示：

输入颜色名称或输入选项 [?/开尔文（K）] <D65（D）>: *输入“?”回车可显示颜色名称列表，直接输入颜色名称回车即更改了颜色，输入“K”回车将基于开氏温度值指定光源颜色，直接回车使用默认颜色*

若输入“?”回车，接下来提示：

输入要列出的颜色名称 <*>: *直接回车显示所有的颜色名称*

标准颜色:

"D65（D）"

"荧光灯（F）"

"冷白光（C）"

"白荧光（W）"

"日光荧光灯（T）"

"白炽灯（I）"

"氙灯（X）"

"卤素灯（H）"

"石英灯（Q）"

"金属卤素（M）"

"水银灯（E）"

"磷光水银灯（P）"

"高压钠灯（S）"

"低压钠灯（L）"

输入颜色名称或输入选项 [?/开尔文（K）] <D65（D）>:

上面各种标准颜色的括号中的字母即表示该颜色名称。例如，对提示“输入颜色名称或输入选项 [?/开尔文（K）] <D65（D）>:”以输入“Q”回车回答，即选择了“石英灯（Q）”颜色。

若输入“K”回车，接下来提示：

输入开尔文 <当前值>: *输入温度值回车*

接下来返回到光度更改提示。

5．阴影（W）

使光源投射阴影。对主提示输入“W”回车，接下来提示：



输入 [关（O）/锐化（S）/已映射柔和（F）/已采样柔和（A）] <锐化>: *输入"O"、"S"、"F"或"A"之一回车 或 直接回车采用默认选项*

1）关闭（O）：关闭光源阴影的显示和计算。输入"O"回车后回到主提示。关闭阴影可以提高性能。

2）锐化（S）：显示带有强烈边界的阴影。输入"S"回车后回到主提示。使用该选项可提高性能。

3）已映射柔和（F）：显示带有柔和边界的真实阴影。输入"F"回车后提示：

输入贴图尺寸 [64/128/256/512/1024/2048/4096] <256>: *输入数字"64"、"128"、"256"、"512"、"1024"、"2048"、"4096"之一后回车。这是指定用于计算阴影贴图的内存量*

输入柔和度（1-10）<1>: 输入 1 ~ 10 之间的一个整数。这是指定用于计算阴影贴图的柔和度

4）已采样柔和（A）：显示真实阴影和基于扩展光源的较柔和的阴影（半影）。输入"A"回车后出现已采样柔和提示：

输入要更改的选项 [形（S）/样例（A）/可见（V）/退出（X）] <退出>: *输入"S"、"A"、"V"或"X"之一回车 或 直接回车退出，返回主提示*

①对已采样柔和提示输入"S"回车，是指定阴影的形，然后指定形的尺寸（例如，球形的半径或矩形的长和宽），接下来提示：

输入形 [直线形（L）/圆盘形（D）/矩形（R）/球形（S）/圆柱形（C）] <球形>:*输入"L"、"D"、"R"、"S"或"C"之一回车 或 直接回车采用默认选项*

若输入"L"回车,接下来提示：

输入长度 <0>: *输入长度值回车，返回已采样柔和提示*

若输入"D"回车,接下来提示：

输入半径 <0>: *输入半径值回车，返回已采样柔和提示*

若输入"R"回车,接下来提示：

输入长度 <0>: *输入长度值回车*

输入宽度 <0>: *输入宽度值回车，返回已采样柔和提示*

若输入"S"回车,接下来提示：

输入半径 <0>: *输入半径值回车，返回已采样柔和提示*

若输入"C"回车,接下来提示：

输入半径 <0>: *输入半径值回车*

输入长度 <0>: *输入长度值回车，返回已采样柔和提示*

② 对已采样柔和提示输入"A"回车，将指定样例大小。接下来提示：

输入阴影采样 <16>: *输入阴影采样值回车，返回已采样柔和提示*

③ 对已采样柔和提示输入"A"回车，将指定阴影的形可见性。接下来提示：

输入形可见性 [是（Y）/否（N）] <否>: *输入"Y"、"N"之一回车 或 直接回车采用默认选项，返回已采样柔和提示*

6．衰减（A）

控制光线如何随距离增加而减弱。对象距点光源越远，则越暗。对主提示输入"A"回车，接下来衰减提示：

输入要更改的选项[衰减类型（T）/使用界限（U）/衰减起始界限（L）/衰减结束界限（E）/退出

(X)]<退出>: *输入"T"、"U"、"L"、"E"或"X"之一回车 或 直接回车退出，返回主提示*

1）衰减类型（T）：控制光线如何随距离增加而减弱。对象距点光源越远，则越暗。对衰减提示输入"T"回车，接下来提示：

输入衰减类型 [无（N）/线性反比（I）/平方反比（S）] <当前类型>: *输入"N"、"I"、"S"之一回车 或 直接回车默认当前类型，返回衰减提示*



无：设置无衰减。此时对象不论距离点光源是远还是近，明暗程度都一样。

线性反比：将衰减设置为与距离点光源的线性距离成反比。例如，距离点光源 2 个单位时，光线强度是点光源的一半；而距离点光源 4 个单位时，光线强度是点光源的四分之一。线性反比的默认值是最大强度的一半。

平方反比：将衰减设置为与距离点光源的距离的平方成反比。例如，距离点光源 2 个单位时，光线强度是点光源的四分之一；而距离点光源 4 个单位时，光线强度是点光源的十六分之一。

2）使用界限（U）：对衰减提示输入"U"回车，将指定是否使用界限，接下来提示：

界限 [开（N）/关（F）] <当前状态>: *输入"N"、"F"之一回车 或 直接回车默认当前状态，返回衰减提示*

3）衰减起始界限（L）：对衰减提示输入"L"回车，将指定一个点，光线的亮度相对于光源中心的衰减于该点开始，默认值为 0。接下来提示：

指定起始界限偏移 <当前值>: *输入起始界限值回车 或 直接回车默认当前值，返回衰减提示*

4）衰减结束界限（E）：对衰减提示输入"E"回车，将指定一个点，光线的亮度相对于光源中心的衰减于该点结束。没有光线投射在此点之外。在光线的效果很微弱，以致计算将浪费处理时间的位置处，设置结束界限将提高性能。接下来提示：

指定结束界限偏移 <当前值>: *输入结束界限值回车 或 直接回车默认当前值，返回衰减提示*

7．颜色/过滤颜色（C）

控制光源的颜色。对主提示输入"C"回车，接下来是颜色提示：

输入真彩色（R，G，B）或输入选项 [索引颜色（I）/HSL（H）/配色系统（B）] <255，255，255>: *输入真彩色的R，G，B 值回车 或 输入"I"、"H"或"B"之一回车，或直接回车默认当前值*

1）真彩色（R，G，B）：这是指定真彩色为光源的颜色。以 R（红）、G（绿）、B（蓝）的颜色值格式输入，对提示分别输入 R，G，B 值回车，如输入"255，0，100"后回车。

2）对颜色提示输入"I"回车，将指定 ACI（AutoCAD 索引颜色）颜色为光源的颜色。接下来提示：

输入颜色名称或编号（1-255）: *输入英文颜色名（如 red、green 等）或 颜色编号（1 ~255 之间的整数）后回车，返回主提示*

3）对颜色提示输入"H"回车，将指定 HSL（色调、饱和度、亮度）颜色为光源的颜色。接下来提示：

输入 HSL 颜色（H，S，L）<当前值>: *分别输入H，S，L 值回车 或 直接回车默认当前值，返回主提示*

4）对颜色提示输入"B"回车，将从配色系统中指定颜色为光源的颜色。接下来提示：

输入配色系统名称: *输入配色系统名称后回车*

输入颜色名称: *输入颜色名称后回车*

注：配色系统名称和配色系统中的颜色名称可参考"选择颜色"对话框中的"配色系



统”选项卡。

8．退出（X）

退出点光源命令。

16.3.3 目标点光源命令

“targetpoint”命令可创建目标点光源。目标点光源和点光源的区别在于可用的其他目标特性，目标点光源可以指向一个对象。

也可通过“特性”选项板的“几何图形”栏，将点光源的“目标”特性从“否”更改为“是”，从点光源创建目标点光源。此时，“几何图形”栏多了三格：目标 X 坐标、目标 Y 坐标和目标 Z 坐标。可以单击右格，更改目标坐标。


注意　将点光源更改为目标光源时，光源的名称保持不变，必要时，可将名称更改为目标光源的名称。

“targetpoint”命令和输入方式有：

● 命令行：targetpoint ↙

第一次使用“targetpoint”命令也会首先出现“光源—视口光源模式”提示框（如图 16-5 所示），选择“关闭默认光源”或直接回车（即关闭默认光源），或选择“使默认光源保持打开状态”，提示框关闭，命令行提示：

指定源位置<0，0，0>: *输入光源点的坐标值 或 用鼠标指定一点*

指定目标位置 <0，0，-10>: *输入目标点的坐标值 或 用鼠标指定一点*

接下来出现主提示，其选项及回答方式与点光源命令“pointlight”完全一样，不再重述。

16.4 使用聚光灯

16.4.1 聚光灯概述

1．聚光灯

聚光灯（例如闪光灯、剧场中的跟踪聚光灯或车前灯）分布投射一个聚焦光束。聚光灯发射定向锥形光。可以控制光源的方向和圆锥体的尺寸。像点光源一样，聚光灯也可以手动设置为强度随距离衰减。但是，聚光灯的强度始终还是根据相对于聚光灯的目标矢量的角度衰减。此衰减由聚光灯的聚光角角度和照射角角度控制。聚光灯可用于亮显模型中的特定特征和区域。自由聚光灯与聚光灯类似。聚光灯具有目标特性。

2．光度控制流中的聚光灯

在光度控制流中，聚光的强度下降为 50%。标准光源的聚光为 100%。在其照射角角度处，聚光灯的强度下降为 0。将“LIGHTINGUNITS”设置为 1（美制单位）或 2（国际标准单位）时，为光度控制光源。

打开“特性”选项板，选中启用了光度控制的聚光灯，在“特性”选项板上，将出现“光度控制特性”栏，有四个选项：灯的强度、结果强度、灯的颜色和结果颜色。光度控制的聚光灯，也将禁用衰减类型特性，光源具有固定的平方反比衰减（在“特性”选项板的



“衰减”栏的“类型”格只读）。相关解释参看 16.8.2 节。

16.4.2 聚光灯命令

命令“spotlight”用于创建可发射定向圆锥形光柱的聚光灯。命令的输入方式有：

- 命令行：spotlight ↙
- 工具栏：光源；渲染工具栏→下拉按钮菜单→
- 下拉菜单：视图（V）→渲染（E）→光源（L）→ 新建聚光灯（S）
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“光源”面板→“创建光源”下拉按钮菜单→

第一次使用“spotlight”命令首先出现“光源—视口光源模式”提示框，选择“关闭默认光源”或直接回车（即关闭默认光源），或选择“使默认光源保持打开状态”，提示框关闭，命令行提示：

指定源位置 <0，0，0>: *输入光源点的坐标值 或 用鼠标指定一点*

指定目标位置 <0，0，-10>: *输入目标位置点的坐标值 或 用鼠标指定一点*

如果系统变量“LIGHTINGUNITS”的值为 0，接下来主提示为：

输入要更改的选项 [名称（N）/强度（I）/状态（S）/聚光角（H）/照射角（F）/阴影（W）/衰减（A）/颜色（C）/退出（X）]<退出>:

如果系统变量“LIGHTINGUNITS”的值为 1 或 2，接下来的主提示为：

输入要更改的选项 [名称（N）/强度因子（I）/状态（S）/光度（P）/聚光角（H）/照射角（F）/阴影（W）/衰减（A）/过滤颜色（C）/退出（X）]<退出>:



注意 “LIGHTINGUNITS”为 1 或 2 时，“衰减”选项对光源创建没有任何影响。只是为了保持脚本兼容性才保留了此选项。

主提示的各个选项的意义如下：

1．名称（N）

为光源重新命名。对主提示输入“N”回车，接下来提示：

输入光源名称 <聚光灯×>: *输入光源名 或 直接回车使用默认光源名 “聚光灯×”*

光源名称中可以使用大小写字母、数字、空格、连字符“-”和下画线“_”。最大长度为 256 个字符。

2．强度（I）/强度因子（I）

设置光源的强度或亮度。取值范围为 0～系统支持的最大值。对主提示输入“I”回车，接下来提示：

输入强度（0.00 - 最大浮点数）<1>: *输入强度值 或 直接回车使用默认值*

3．状态（S）

打开和关闭光源。如果图形中没有使用光源，则该设置没有影响。对主提示输入“S”回车，接下来提示：

输入状态 [开（N）/关（F）] <开>: *输入“N”回车打开光源，输入“F”回车关闭光源 或 直接回车采用默认选项*

4．聚光角（H）

定义最亮光锥的角度，也称为光束角。该值的范围为 0°～160°或基于由系统变量



“AUNITS”设置的角度单位的等效值。对主提示输入“H”回车，接下来提示：

输入聚光角（0.00-160.00）<45>: *输入角度值 或 直接回车使用默认值*

5．照射角（F）

定义完整光锥的角度，也称为现场角。照射角的取值范围为 0°～160°。默认值为 50°或基于由系统变量“AUNITS”设置的角度单位的等效值。照射角角度必须大于或等于聚光角角度。对主提示输入“F”回车，接下来提示：

输入照射角（0.00-160.00）<50>: *输入角度值 或 直接回车使用默认值*

6．光度（P）

请读者结合 16.1.3 节阅读。

当系统变量“LIGHTINGUNITS”的值为 1 或 2 时，光度可用。对主提示输入“P”回车，接下来是光度更改提示：

输入要更改的光度控制选项[强度（I）/颜色（C）/退出（X）]<强度>: *输入“I”回车更改光度强度，输入“C”回车更改颜色，输入“X”回车返回主提示，直接回车更改强度*

1）对光度更改提示输入“I”回车，接下来提示：

输入强度（Cd）或输入选项[光通量（F）/照度（I）]<1500>: *直接输入数值回车将更改以烛光表示的强度值，输入“F”回车将更改光通量值（表示的可感知能量），输入“I”回车将更改照度值（入射到表面上的总光通量）*

若更改光通量值，接下来的提示为：

输入光通量（Lm）<当前值>: *输入光通量值 或 直接回车使用当前值*

接下来回到光度更改提示。

若更改照度值，接下来的提示为：

输入照度（Fc）或输入选项[距离（D）] <185806080>: *输入照度值 或 直接回车使用当前值回到光度更改提示；输入“D”回车将指定用于计算照度的距离*

输入“D”回车，接下来提示：

输入平行光 <1>: *输入值回车*

接下来回到光度更改提示。

2）对光度更改提示输入“C”回车，接下来提示：

输入颜色名称或输入选项 [?/开尔文（K）] <D65（D）>: *输入“?”回车可显示颜色名称列表，直接输入颜色名称回车即更改了颜色，输入“K”回车将基于开氏温度值指定光源颜色，直接回车使用默认颜色*

若输入“?”回车，接下来提示：

输入要列出的颜色名称 <*>: *直接回车显示所有的颜色名称*

标准颜色:

……

输入颜色名称或输入选项 [?/开尔文（K）] <D65（D）>:

上面标准颜色的括号中的字母即表示该颜色名称。如输入“Q”回车以回答提示“输入颜色名称或输入选项 [?/开尔文（K）] <D65（D）>:”，即选择了“石英灯（Q）”颜色。

若输入“K”回车，接下来提示：

输入开尔文 <3600>: *输入温度值回车*

接下来返回到光度更改提示。



7．阴影（W）

使光源投射阴影。对主提示输入“W”回车，接下来提示：

输入 [关（O）/锐化（S）/已映射柔和（F）/已采样柔和（A）] <锐化>: *输入“O”、“S”、“F”或“A”之一回车 或 直接回车采用默认选项*

1）关闭（O）：关闭光源阴影的显示和计算。输入“O”回车后回到主提示。关闭阴影可以提高性能。

2）锐化（S）：显示带有强烈边界的阴影。输入“S”回车后回到主提示。使用该选项提高性能。

3）已映射柔和（F）：显示带有柔和边界的真实阴影。输入F回车后提示：

输入贴图尺寸 [64/128/256/512/1024/2048/4096] <256>: *输入数字“64”、“128”、“256”、“512”、“1024”、“2048”、“4096”之一后回车。这是指定用于计算阴影贴图的内存量*

输入柔和度（1-10）<1>: *输入1~10 之间的一个整数。这是指定用于计算阴影贴图的柔和度*

4）已采样柔和（A）：显示真实阴影和基于扩展光源的较柔和的阴影（半影）。输入“A”回车后出现已采样柔和提示：

输入要更改的选项 [形（S）/样例（A）/可见（V）/退出（X）] <退出>: *输入“S”、“A”或“X”之一回车 或 直接回车退出，返回主提示*

① 对已采样柔和提示输入“S”回车，将指定阴影的形，然后指定形的尺寸（圆盘形的半径或矩形的长和宽），接下来提示：（注意，此处与点光源不一样）

输入形 [圆盘形（D）/矩形（R）] <圆盘形>:*输入“D”、“R”之一回车 或 直接回车采用默认选项*

若输入“D”回车,接下来提示：

输入半径 <0>: *输入半径值回车，返回已采样柔和提示*

若输入“R”回车,接下来提示：

输入长度 <0>: *输入长度值回车*

输入宽度 <0>: *输入宽度值回车，返回已采样柔和提示*

② 对已采样柔和提示输入“A”回车，将指定样例大小。接下来提示：

输入阴影采样 <16>: *输入阴影采样值回车，返回已采样柔和提示*

③ 对已采样柔和提示输入“A”回车，将指定阴影的形可见性。接下来提示：

输入形可见性 [是（Y）/否（N）] <否>: *输入“Y”、“N”之一回车 或 直接回车采用默认选项，返回已采样柔和提示*

8．衰减（A）

对主提示输入“A”回车，接下来衰减提示：

输入要更改的选项[衰减类型（T）/使用界限（U）/衰减起始界限（L）/衰减结束界限（E）/退出（X）] <退出>: *输入“T”、“U”、“L”、“E”或“X”之一回车 或 直接回车退出，返回主提示*

1）衰减类型（T）：控制光线如何随距离增加而减弱。对象距点光源越远，则越暗。 对衰减提示输入“T”回车，接下来提示：

输入衰减类型 [无（N）/线性反比（I）/平方反比（S）] <当前类型>: *输入“N”、“I”、“S”之一回车 或 直接回车默认当前类型，返回衰减提示*

无：设置无衰减。此时对象不论距离点光源是远还是近，明暗程度都一样。

线性反比：将衰减设置为与距离点光源的线性距离成反比。例如，距离点光源 2 个单位



时，光线强度是点光源的一半；而距离点光源 4 个单位时，光线强度是点光源的四分之一。线性反比的默认值是最大强度的一半。

平方反比：将衰减设置为与距离点光源的距离的平方成反比。例如，距离点光源 2 个单位时，光线强度是点光源的四分之一；而距离点光源 4 个单位时，光线强度是点光源的十六分之一。

2）使用界限（U）：对衰减提示输入“U”回车，将指定是否使用界限，接下来提示：

界限 [开（N）/关（F）] <当前状态>: *输入 N、F 之一回车 或 直接回车默认当前状态，返回衰减提示*

3）衰减起始界限（L）：对衰减提示输入“L”回车，将指定一个点，光线的亮度相对于光源中心的衰减于该点开始，默认值为 0。接下来提示：

指定起始界限偏移 <当前值>: *输入起始界限值回车 或 直接回车默认当前值，返回衰减提示*

4）衰减结束界限（E）：对衰减提示输入“E”回车，将指定一个点，光线的亮度相对于光源中心的衰减于该点结束。没有光线投射在此点之外。在光线的效果很微弱，以致计算将浪费处理时间的位置处，设置结束界限将提高性能。接下来提示：

指定结束界限偏移 <当前值>: *输入结束界限值回车 或 直接回车默认当前值，返回衰减提示*

9．颜色/过滤颜色（C）

控制光源的颜色。对主提示输入“C”回车，接下来是颜色提示：

输入真彩色（R，G，B）或输入选项 [索引颜色（I）/HSL（H）/配色系统（B）] <255，255，255>: *输入真彩色的 R，G，B 值回车 或 输入 “I”、 “H” 或 “B” 之一回车，或直接回车默认当前值*

1）真彩色（R，G，B）：将指定真彩色为光源的颜色。以 R（红）、G（绿）、B（蓝）的颜色值格式输入，对提示分别输入 R，G，B 值回车，如输入“255，0，100”后回车。

2）对颜色提示输入“I”回车，将指定 ACI（AutoCAD 索引颜色）颜色为光源的颜色。接下来提示：

输入颜色名称或编号（1-255）: *输入英文颜色名（如 red、green 等）或 颜色编号（1 ~255 之间的整数）后回车，返回主提示*

3）对颜色提示输入“H”回车，将指定 HSL（色调、饱和度、亮度）颜色为光源的颜色。接下来提示：

输入 HSL 颜色（H，S，L）<当前值>: *分别输入 H，S，L 值回车 或 直接回车默认当前值，返回主提示*

4）对颜色提示输入“B”回车，将从配色系统中指定颜色为光源的颜色。接下来提示：

输入配色系统名称: *输入配色系统名称后回车*

输入颜色名称: *输入颜色名称后回车*

配色系统名称和配色系统中的颜色名称可参考“选择颜色”对话框中的“配色系统”选项卡。

10．退出（X）

退出聚光灯命令。

16.4.3 自由聚光灯命令

创建与未指定目标的聚光灯相似的自由聚光灯，命令的输入方式为：

- 命令行：freespot ↙

该命令与“spotlight”命令的区别是不用指定光源的目标位置，即只有提示“指定源位置 <0，0，0>：”其余与“spotlight”命令一样。

16.5 使用光域灯光

16.5.1 光域灯光概述

光域灯光是具有现实中的自定义光分布的光度控制光源。光域是光源的光强度分布的三维表示。光域灯光可用于表示各向异性（非统一）光分布，此分布来源于现实中的光源制造商提供的数据。与聚光灯和点光源相比，光域灯光提供了更加精确的渲染光源表示。


注意

仅在渲染图像中使用光域分布，且将系统变量“LIGHTINGUNITS”置为1（美制单位）或2（国际标准单位）时，才显示其渲染效果。在视口中，光域灯光与点光源近似。

使用光度控制数据的 IES LM-63-1991 标准文件格式（IES：照明工程协会），将定向光源分布信息以 IES 格式存储在光度控制数据文件——光域网文件中。AutoCAD 2011 的几个自带的光域网文件的默认路径是：

（系统盘盘符）:\Documents and Settings\All Users\Application Data\Autodesk\AutoCAD 2011\R18.1\chs\WebFiles。

在图形中创建一个点光源或聚光灯，或者用“weblight”命令创建一个光域网灯光（参看 16.5.2 节），然后打开“特性”选项板，选中灯光，“特性”选项板的“常规”栏的“光域网”面板下，有“光域网文件”格（如图 16-4 所示），单击右格，出现按钮[...]，单击该按钮，打开“选择光域网文件”对话框，从中选择光域网文件打开。打开文件后，在“光域网”面板的“光域网预览”显示光照分布数据的二维剖切图。图形中光源轮廓图形也改变为所选光域网文件所定义的光源轮廓。

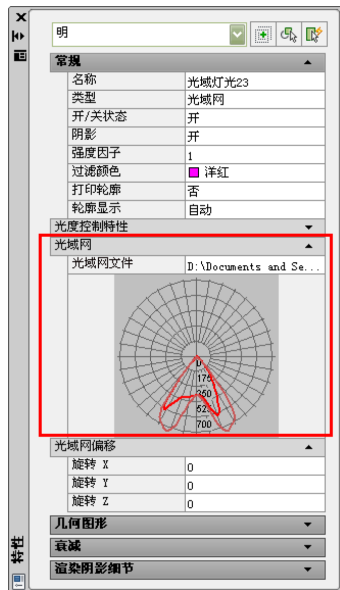
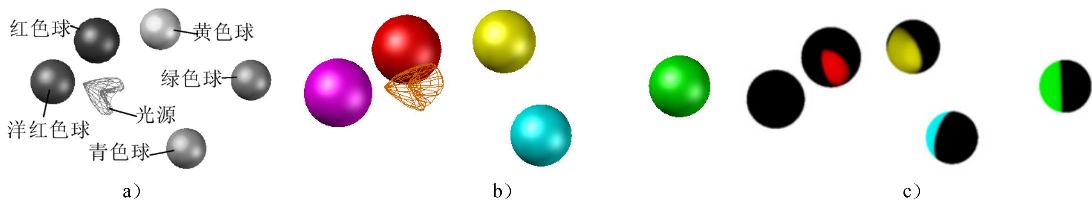


图 16-4　选择了光域网文件的“特性”选项板

光域网文件所定义的光源轮廓形象地反映了光源强度的三维分布情况。以 AutoCAD 2011 的自带光域网文件 point_recessed_wallwash_250w.ies 为例，其光源轮廓如图 16-5 所示（如果光源轮廓在屏幕上显示得很小，需要进行调整，参看 16.7.1 节）。在光源的周围分布着五个球，如图 16-5a 和图 16-5b 所示，洋红色球距其最近，但由于其所在方向的光源强度最弱，所以渲染后它一点儿也没有被照亮。绿色和青色球距光源较远，但由于他们所在方向的光源强度最强，所以渲染后他们仍被照得很亮。尽管红色和黄色球距光源较近，但由于其所在方向的光源强度相对较弱，所以渲染后他们相对黯淡，如图 16-5c 所示。关于渲染参看 17 章。



a） b） c）

图 16-5 光域灯光举例

a）在视口中的俯视图 b）在视口中的三维图 c）三维图渲染后

16.5.2 创建光域灯光命令

通过命令“weblight”和“freeweb”可以将使用光域网的光源添加到图形中。“weblight”命令创建目标光域灯光，而“freeweb”命令创建没有明确目标的光域灯光。


注意 必须将系统变量“LIGHTINGUNITS”的值设置为 1 或 2，才可创建和使用光域灯光。

1．“weblight”命令

命令的输入方式有：

- 命令行：weblight ↙
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“光源”面板→“创建光源”下拉按钮菜单→

第一次使用“weblight”命令首先出现 “光源—视口光源模式”提示框，选择“关闭默认光源”或直接回车（即关闭默认光源），或选择“使默认光源保持打开状态”，提示框关闭。命令行提示：

指定源位置 <0，0，0>: *输入光源点的坐标值 或 用鼠标指定一点*

指定目标位置 <0，0，-10>: *输入目标位置点的坐标值 或 用鼠标指定一点*

接下来为主提示：

输入要更改的选项 [名称（N）/强度因子（I）/状态（S）/光度（P）/光域网（B）/阴影（W）/过滤颜色（C）/退出（X）]<退出>:

除“光域网（B）”外，主提示的各个选项的意义与点光源一样，因此下面仅解释光域网（B）：

光域网（B）

指定球面栅格上的点的光源强度。对主提示输入“B”回车，接下来将出现更改光域网选项提示：

输入要更改的光域网选项 [文件（F）/X/Y/Z/退出（E）] <退出>: *输入“F”、“X”、“Y”、“Z”之一回车 或 直接回车退出该提示返回主提示*

文件（F）：指定用于定义光域特性的光域文件。光域文件的扩展名为“.ies”。对更改光域网选项提示输入“F”回车，接下来提示：

输入光域网文件 <>: *输入扩展名为“.ies”的光域网文件名后回车返回提示*

X：指定光域的 X 旋转。对更改光域网选项提示输入“X”回车，接下来提示：

输入光域网 X 旋转 <0>: *输入旋转角度回车 或 直接回车返回提示*

Y：指定光域的 Y 旋转。对更改光域网选项提示输入“Y”回车，接下来提示：

输入光域网 Y 旋转 <0>: *输入旋转角度回车 或 直接回车返回提示*

Z：指定光域的 Z 旋转。对更改光域网选项提示输入“Z”回车，接下来提示：

输入光域网 Z 旋转 <0>: *输入旋转角度回车 或 直接回车返回提示*



2．freeweb 命令

“freeweb”用于创建与光域灯光相似但未指定目标的自由光域灯光。命令的输入方式有：

命令行：freeweb ↙

命令“freeweb”只有提示“指定源位置 <0，0，0>:”，而没有提示“指定目标位置 <0，0，-10>:”，其余与命令“weblight”完全一样。

16.6 使用平行光

照亮对象或作为背景时，平行光十分有用。

16.6.1 标准光源流中的平行光

平行光仅向一个方向发射统一的平行光光线。可以在视口中的任意位置指定从起点到目标点，以定义光线的方向。在图形中，不像聚光灯和点光源那样用光线轮廓表示，不会用轮廓表示平行光，因为他们没有离散的位置并且也不会影响到整个场景。

平行光的强度并不随着距离的增加而衰减。对于每个照射的面，平行光的亮度都与其在光源处相同。因此，统一照亮对象或照亮背景时，平行光十分有用。



注意 建议用户不要在块中使用平行光。
平行光在物理上不是非常精确。建议用户不要在光度控制流中使用他们。

16.6.2 创建平行光命令

命令的输入方式有：

- 命令行：distantlight ↙
- 工具栏：光源 ； 渲染工具栏的的下拉按钮菜单的
- 下拉菜单：视图（V）→渲染（E）→光源（L）→新建平行光（D）
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“光源”面板→“创建光源”下拉按钮菜单→

由于不建议在光度控制流中使用平行光，如果系统变量“LIGHTINGUNITS”的值为 1 或 2，第一次使用“DISTANTLIGHT”命令会出现“光源—光度控制平行光”提示框，如图 16-6 所示。如果选择“光源单位是光度控制单位时，禁用平行光（建议）”，命令结束；如果选择“允许平行光”，或直接回车（即允许平行光），提示框关闭，接下来命令行出现与“LIGHTINGUNITS”的值为 0 时相同的提示。

如果系统变量“LIGHTINGUNITS”的值为 0，命令输入后提示：

指定光源来向 <0，0，0> 或 [矢量（V）]: *输入光源来向点的坐标值回车 或 输入 “V” 回车*

1）如果输入光源来向点的坐标值回车，将由两点确定平行光方向，接下来提示：

指定光源去向 <1，1，1>: *输入光源去向点的坐标值回车，出现主提示*



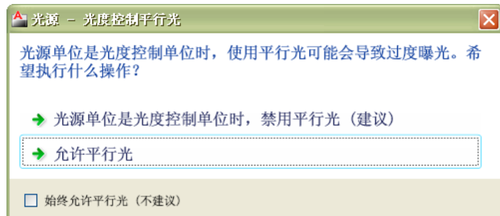


图 16-6 “光源—光度控制平行光”提示框

2）如果输入“V”回车，将由一个方向矢量确定平行光方向，接下来提示：

指定矢量方向 <0.0000，-0.0100，1.0000>: *输入方向矢量的分量值回车，出现主提示*

在系统变量“LIGHTINGUNITS”的值为 0 时的主提示为：

输入要更改的选项 [名称（N）/强度（I）/状态（S）/阴影（W）/颜色（C）/退出（X）] <退出>:

在系统变量“LIGHTINGUNITS”的值为 1 或 2 时的主提示为：

输入要更改的选项 [名称（N）/强度因子（I）/状态（S）/光度（P）/阴影（W）/过滤颜色（C）/退出（X）] <退出>:

主提示的各选项的意义与点光源的各选项意义一样，但平行光主提示的“光度（P）”选项的子提示没有“光通量（F）和照度（I）”两项；“阴影（W）”选项的子提示没有“已采样柔和（A）”项。


注意

创建平行光后不显示其光线轮廓。

16.7 控制和操作光源

可以为点光源、聚光灯、平行光和光域灯光设置光源的显示、位置和特性。

16.7.1 控制光源的显示

1．打开和关闭光源轮廓

点光源、聚光灯和光域灯光在图形中的显示轮廓如图 16-7 所示。

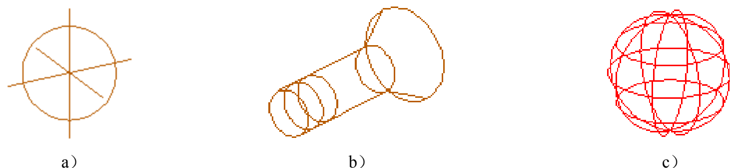


图 16-7 光源轮廓

a）点光源 b）聚光灯 c）光域灯光

可以在图形中打开和关闭光源轮廓的显示，有以下几种方法：

- 命令：lightglyphdisplay ↙
- 下拉菜单：视图（V）→渲染（E）→光源（L）→光线轮廓（Y）
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“光源”面板→单击向下箭头▼，打开“光源单位”下拉菜单（图 16-1a）→单击“光线轮廓显示”

命令输入后提示：

输入 LIGHTGLYPHDISPLAY 的新值 <当前值>: *输入“1”回车打开光源轮廓，输入“0”回车关闭光源轮廓，直接回车默认当前值*

2．改变光源轮廓的大小

如果光源轮廓在屏幕上显示得很小，可以进行调整。打开“选项”对话框，单击“草图”选项卡的“光线轮廓设置”按钮，打开“光线轮廓外观”对话框，如图 16-8 所示。



图 16-8 “光线轮廓外观”对话框

在“光线轮廓外观”对话框中，选择“点光源”、“聚光灯”或“光域灯光”单选按钮，确定改变哪种光源的轮廓。

要更改光源轮廓的颜色，单击“编辑轮廓颜色（E）”按钮，打开“图形窗口颜色”对话框，从中选择颜色。

要在图形中更改光源轮廓大小，左右拖动“轮廓大小”滑块。

在“轮廓预览”中显示更改效果。

单击“确定”以退出对话框。

16.7.2 操作光源

在图形中创建由光线轮廓表示的光源（点光源、光域灯光和聚光灯）后，可对其重新定位和修改目标。

1．修改命令操作光源

图形中点光源、光域灯光和聚光灯可以作为三维对象进行处理。例如可以使用“erase”命令将其删除，可用“copy”命令复制，移动“move”、旋转“array”、镜像“mirror”、阵列“array”，以及三维移动、旋转、阵列、对齐的命令都可以用于点光源、光域灯光和聚光灯。



注意 必要的话，可以改变视图方向（如将三维图暂时转换为二维正交视图），以准确定位光源的位置和方向。

2．用夹点操作光源

选定光源后，将显示夹点，如果光标悬停在夹点上，会出现夹点提示。点光源、光域灯光和聚光灯的夹点数量和名称不尽相同，所起的作用也不同，各光源的夹点如图 16-9 所示。

点光源和光域灯光仅有一个“位置”夹点，单击该夹点并移动光标可以移动这两种光源。

聚光灯夹点较多，单击“位置”夹点并移动光标可以移动聚光灯；单击“沿线的位置夹点”和“沿线的目标夹点”并移动光标可拉长聚光灯的光线轮廓；单击“目标”夹点并移动光标可改变聚光灯的照射方向；单击“聚光角”夹点并移动光标可改变聚光角的大小；单击“衰减”夹点并移动光标可改变照射角的大小。

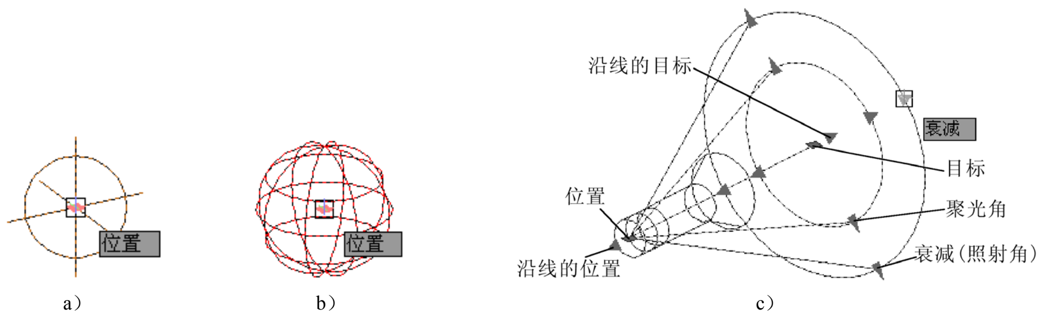


图 16-9　光源的夹点

a）点光源的夹点　b）光域灯光的夹点　c）聚光灯的夹点

3．使用小控件操作光源

在三维视觉样式下还显示小控件，可用小控件移动、旋转或比例缩放光源轮廓。在光源上单击鼠标右键，将会显示“小控件右键菜单”，用户可使用该菜单对光源进行操作，关于小控件参看 5.4 节。

16.8　控制光源特性

由“模型中的光源”选项板和选中光源后的“特性”选项板可全面地了解和控制光源。

16.8.1　“模型中的光源”选项板

由命令“lightlist”可打开“模型中的光源”选项板，如图 16-10 所示。“模型中的光源”选项板中按照名称和类型列出了每个添加到图形中的光源。其中不包括阳光、默认光源以及块和外部参照中的光源。

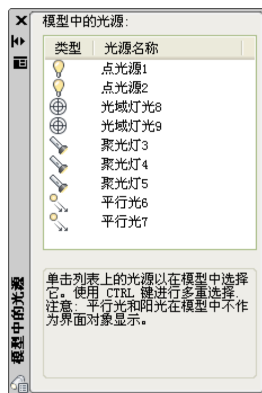


图 16-10　“模型中的光源”选项板

在列表单击鼠标左键即选中一个光源，按住〈Ctrl〉键可选择多个光源。一旦选中一个光源时，图形中的光源即刻选中，反之亦然。列表中光源的特性按其所属图形保存。

由于平行光不显示光线轮廓，在调整平行光时，首先打开“模型中的光源”选项板，选中平行光，然后打开“特性”选项板，在“特性”选项板中对其修改。

“lightlist”命令的输入方式有：

- 命令行：lightlist ↙
- 工具栏：光源；渲染
- 下拉菜单：视图（V）→渲染（E）→光源（L）→光源列表（L）

功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“光源”面板的右下角的按钮 ↘

命令输入后即打开“模型中的光源”选项板。

“类型”列中的图标指示光源类型：点光源、聚光灯、光域灯光或平行光，并指出他们处于打开还是关闭状态。要对列表进行排序，单击“类型”或“光源名称”列标题。

在选定一个或多个光源的情况下，单击鼠标右键，可打开右键菜单，主要有三项：

删除光源：单击“删除光源”可从图形中删除光源。也可以按〈Delete〉键。

特性：单击“特性”将显示“特性”选项板，从中可以修改光源特性以及打开和关闭光源等。也可以双击光源以显示“特性”选项板。

轮廓显示：是否显示光源的轮廓，有三个选项：自动、开、关。

16.8.2 光源“特性”选项板

选中光源，打开“特性”选项板；或者在光源上单击鼠标右键，从右键菜单上单击“特性”，也可显示光源的“特性”选项板。可在光源的“特性”选项板中更改或设置光源的特性。更改或设置光源特性后，即刻在模型上看到更改的效果。

根据标准光源还是光度控制光源，以及光源的类型（聚光灯、点光源、平行光或光域灯光），选项板的内容也不同。图 16-11 是聚光灯（在国际光源单位或美制光源单位时）的“特性”选项板，图 16-4 是光域灯光的“特性”选项板，其他灯光的“特性”选项板读者自己试之。

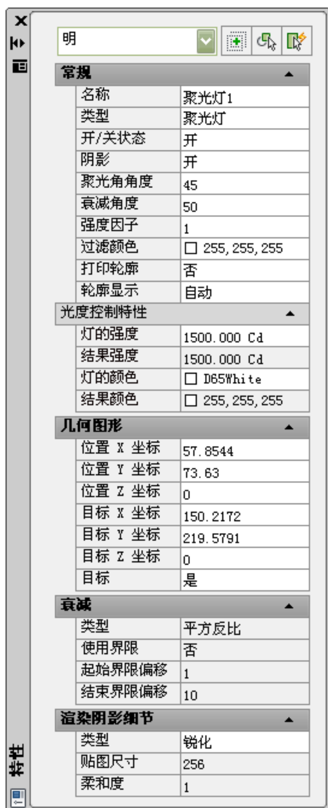


图 16-11　聚光灯的“特性”选项板（国际光源单位或美制光源单位）

光源的“特性”选项板分成几个面板，面板的每格都是左格是特性，光标停留在左格上，会出现该格特性的说明；右格是取值或状态，可以在其中查看或修改特性。

1.“常规”面板

位于光源“特性”选项板的“常规”面板中的以下特性为所有光源共有。

名称：显示光源的名称。若只选择一个光源，单击右格，可更改光源名称。

类型：显示光源的类型——点光源、聚光灯、平行光或光域灯光。将光源添加到图形后，可以更改光源的类型。单击右格，可从下拉列表中更改光源类型。

开/关状态：控制打开还是关闭光源（不发光）。单击右格，可从下拉列表中选择“开”或“关”。

阴影：控制光源是否投射阴影。单击右格，可从下拉列表中选择“开”或“关”。若要显示阴影，必须在应用于当前视口的视觉样式中打开阴影。关闭阴影可以提高性能。

强度因子：放大天光效果，设定控制亮度的倍数。单击右格，可更改强度因子；还可单击计算器按钮 使用“快速计算器”计算设置。

过滤颜色：设定发射的光源颜色，即指定光源的次要颜色，表示灯上的物理过滤器的颜色，默认颜色为白色。光源被设置为光度控制单位时，表示光源上的次要颜色过滤器。光源

设置为常规光源时，表示光源的总颜色。单击右格，可从下拉列表中选择颜色；若选择“选择颜色”，将打开“选择颜色”对话框，可从中选择颜色。

打印轮廓：是否打印图形中光线轮廓处于打开状态的光源。单击右格，可从下拉列表中选择“是”或“否”。注意，只有在打印预览时才能看出光源轮廓是否打印的效果。

聚光角角度：指定光源最亮的圆锥体的角度，也称为光束角度。单击右格，可更改聚光角角度；单击按钮 ，还可使用“快速计算器”计算设置。

衰减角度：也称为照射角或场角角度，定义光源的完整圆锥体，是光源的外部末端，在此处光源与黑暗相接。单击右格，可更改照射角角度；单击按钮 ，还可使用“快速计算器”计算设置。

聚光灯聚光区和聚光灯衰减区：当来自聚光灯的光线投射在曲面上时，强度较小的区域包围亮度最大的区域。由聚光角和照射角之间的区域组成的区域叫快速衰减区。聚光角和照射角之间的差距越大，光束的边缘越柔和。如果聚光角和照射角几乎相等，则光束的边缘就非常明显。这两个值的范围是 0°～160°。可以使用“聚光角”和“照射角”夹点直接调整这些值，参看图 16-9c。

2．“光度控制特性”面板

当系统变量“LIGHTINGUNITS”的值为 1 或 2 时，光源“特性”选项板会有“光度控制特性”面板。光度控制光源有标准光源不具有的特性。

灯的强度：指定光源的固有亮度。可在其右格更改当前强度值；也可以单击按钮 ，打开“灯的强度”对话框，如图 16-12 所示，从中选择强度、光通量或照度以及更改其值更改其强度因子。

结果强度：报告光源的最终亮度，这由灯的强度和强度因子的乘积确定。在“灯的强度”对话框中计算此值。

灯的颜色：指定开氏温度或标准温度下光源的固有颜色。单击右格，可从下拉列表中选择“荧光灯”、“冷白光”等；若单击右格按钮 ，将打开“灯的颜色”对话框，如图 16-13 所示。从中选择标准颜色或开尔文颜色等。



图 16-12 “灯的强度”对话框



图 16-13 “灯的颜色”对话框

结果颜色：报告光源的最终颜色。这由灯的颜色和过滤颜色的组合确定（灯的颜色与过滤颜色的乘积）。



注意 图形光源单位为光度控制单位时，将禁用衰减类型特性，光度控制点光源的衰减始终设置为平方反比（“特性”选项板的“衰减”栏的“类型”格）。



3．“光域网”和“光域网偏移”面板

如果在“常规”面板的“类型”特性中为光度控制光源选择了“光域网”，即在“光域灯光”类型或“自由光域”类型的光源下，则在“特性”选项板上有“光域网”和“光域网偏移”面板，如图 16-4 所示。在这两个面板中将提供如下特性。

光域文件：指定描述光源强度分布的数据文件。

光域网预览：显示光照分布数据显示二维剖切。

X 旋转：指定关于光学 X 轴的光域旋转偏移。单击右格，可更改旋转角度；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置。

Y 旋转：指定关于光学 Y 轴的光域旋转偏移。单击右格，可更改旋转角度；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置。

Z 旋转：指定关于光学 Z 轴的光域旋转偏移。单击右格，可更改旋转角度；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置。

4．“几何图形”面板

“几何图形”面板提供对光源位置的控制。如果光源是目标点光源、聚光灯或光域灯光，则可以使用更多的目标点特性。通过将“目标”特性设置为“是”或“否”，可以将一般光源更改为具有目标特性的光源，或将具有目标特性的光源更改为一般光源。

位置 X：指定光源的 X 坐标位置。单击右格，可更改坐标；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置；单击按钮，可在图形中选择点设置。

位置 Y：指定光源的 Y 坐标位置。单击右格，可更改坐标；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置；单击按钮，可在图形中选择点设置。

位置 Z：指定光源的 Z 坐标位置。单击右格，可更改坐标；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置；单击按钮，可在图形中选择点设置。

目标 X（仅限于聚光灯、目标点光源和光域灯光）：指定光源的 X 坐标目标位置。单击右格，可更改坐标；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置；单击按钮，可在图形中选择点设置。

目标 Y（仅限于聚光灯、目标点光源和光域灯光）：指定光源的 Y 坐标目标位置。单击右格，可更改坐标；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置；单击按钮，可在图形中选择点设置。

目标 Z（仅限于聚光灯、目标点光源和光域灯光）：指定光源的 Z 坐标目标位置。单击右格，可更改坐标；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置；单击按钮，可在图形中选择点设置。

目标：指定光源是否显示确定光源方向的目标夹点。自由聚光灯、自由点光源和自由光域的默认设置为“否”。聚光灯、目标点光源和光域灯光的默认设置为“是”。单击右格，可从下拉列表中选择“是”或“否”。

5．“衰减”面板

光源的强度随着距离的增加而衰减。距离光源远的对象比距离光源近的对象显得更暗。这种效果称为衰减。在点光源、聚光灯和光域灯光时，“特性”选项板上有“衰减”面板。

类型：指定衰减类型。如果可以改变，单击右格，可从下拉列表中选择“线性反比”、“平方反比”或“无”。



线性反比（仅限于标准光源）：将衰减设置为与距离点光源的线性距离成反比。例如，距离点光源 2 个单位时，光线强度是点光源的一半；而距离点光源 4 个单位时，光线强度是点光源的四分之一。线性反比的默认值是最大强度的一半。

平方反比（仅限于标准光源）：设置衰减与光源的距离的平方成反比。例如，距离聚光灯 2 个单位时，光线强度是聚光灯的四分之一；而距离聚光灯 4 个单位时，光线强度是聚光灯的十六分之一。

无（仅限于标准光源）：设置无衰减。此时对象不论距离点光源是远还是近，明暗程度都一样。对于光度控制光源，衰减处于不活动状态。

控制光源的起点和端点的另一方式是使用界限。界限起作用的方式类似于剪裁平面，它控制首先发射光线的位置和光线结束的位置。使用界限可以使程序不必在实际上已经看不到光线的位置计算光线级别，从而提高性能。

使用界限（仅限于标准光源）：指定是否使用界限。默认设置为“否”。单击右格，可从下拉列表中选择“是”或“否”。

起始界限偏移（仅限于标准光源）：指定一个点，光线的亮度相对于光源中心的衰减于该点开始。默认值为 1。在使用界限时，该值可改。

结束界限偏移（仅限于标准光源）：指定一个点，光线的亮度相对于光源中心的衰减于该点结束。没有光线投射在此点之外。在使用界限时，该值可改。

6．“渲染阴影细节”面板

在“渲染阴影细节”面板下，以下特性设置可用。

类型：指定光源投射的阴影类型。单击右格，可从下拉列表中选择“锐化”、“柔和（阴影贴图）”或“柔和（已采样）”。“锐化”的作用是显示带有强烈边界的阴影；“柔和”的作用是显示带有柔和边界的真实阴影。

锐化（默认）：将渲染阴影设置为锐化。

柔和（阴影贴图）：将类型设置为柔和。选择后可激活“贴图尺寸”和“柔和度”，使得这两格可以设置。

贴图尺寸（仅限于柔和阴影贴图类型）：指定阴影贴图的尺寸。单击右格，可从下拉列表中选择尺寸。

柔和度（仅限于柔和阴影贴图类型）：指定使用阴影贴图的阴影的柔和度或模糊度。单击右格，更改柔和度；单击按钮 ，还可使用“快速计算器”计算设置。

柔和（已采样）：设置衰减与距离光源的距离的平方成反比。例如，距离聚光灯 2 个单位时，光线强度是聚光灯的四分之一；而距离聚光灯 4 个单位时，光线强度是聚光灯的十六分之一。

样例（仅限于已采样柔和类型）：指定光源的阴影光线数量。单击右格，可更改样例值；单击按钮 ，还可使用“快速计算器”计算设置。

在渲染中可见（仅限于已采样柔和类型）：确定光源形状是否确实已渲染。默认设置为“否”。单击右格，从下拉列表中选择“是”或“否”。

形（仅限于已采样柔和类型）：指定光源的形状。就像光源可以有颜色一样，也可以为它指定形状。例如，可以将其形状指定为矩形，以使它与天花板中板状光源的作用类似。或者，可以将其形状指定为直线，以使它与狭窄荧光灯管的作用类似。形状对渲染和阴影的影响类似于现实世界中板状光源与管状光源的投射方式之间的不同。

如果选择“聚光灯”，则选项为“矩形”（默认）和“圆盘形”。如果选择“点光源”和“光域灯光”类型，则选项为“线性”、“矩形”、“圆盘形”、“圆柱形”和“球形”（默认）。单击右格，可从下拉列表中选择。

长度（仅限于已采样柔和类型）：指定阴影在长度上的空间尺寸。单击右格，可更改长度值；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置。

宽度（仅限于已采样柔和类型）：指定阴影在宽度上的空间尺寸。单击右格，可更改宽度值；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置。

半径（仅限于已采样柔和类型）：指定圆盘形、圆柱体或球体的形状选项的空间半径标注。单击右格，可更改半径值；单击按钮，还可使用“快速计算器”计算设置。

16.9 使用阳光与天光

16.9.1 阳光与天光概述

太阳是模拟太阳光源效果的光源，可以用于显示结构投射的阴影如何影响周围区域。

阳光与天光是 AutoCAD 中自然照明的主要来源。但是，阳光的光线是平行的且为淡黄色，并且在任何距离处都具有相同强度；而大气投射的光线来自所有方向且颜色为明显的蓝色。可以仅使用阳光，也可仅使用天光，也可同时使用阳光和天光。

1．使用阳光

在标准（常规）光源（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 0）可以使用阳光；在光度控制流（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 1 或 2）时，也可以使用阳光，且具有更多可用的特性并且使用更加精确的阳光模型进行渲染。但在此设置下，光度控制流中的阳光颜色处于禁用状态，因为此时将根据图形中指定的时间、日期和地理位置自动计算颜色。

用户为模型指定的地理位置以及日期和当日时间控制阳光的角度等阳光的特性，可以在“阳光特性”窗口和“地理位置”对话框中更改。所用的时区由位置决定，但也可由系统变量“TIMEZONE”独立调整。

可以打开或关闭阴影。若要提高性能，可在不需要阴影时将其关闭。

除地理位置以外，阳光的所有设置均由视口保存，而不是由图形保存。地理位置由图形保存。

在图形中打开和关闭阳光的方法如下。

方法 1：在三维建模工作空间的“渲染”选项卡的“阳光和位置”面板上，单击按钮。

方法 2：在三维建模工作空间的“渲染”选项卡的“阳光和位置”面板上，单击右下角的按钮 ↘，打开“阳光特性”选项板（参看图 16-14）。在“常规”面板中，单击“状态”栏的右格，从下拉列表中选择“开”或“关”。

方法 3：在命令行输入系统变量“SUNSTATUS”，命令行提示：

输入“SUNSTATUS”的新值 <当前值>: *输入“1”或“0”回车 或 直接回车*

输入“1”回车，阳光打开；输入“0”回车，阳光关闭；直接回车接受当前状态。



注意 如果图形当前使用的是默认光源，在打开阳光时，将出现“光源—视口光源模式”提示框（图 16-3），选择“关闭默认光源（建议）”即可。

一旦在图形中打开阳光，三维建模工作空间的“渲染”选项卡的“阳光和位置”面板上的日期 日期 2010-7-28 和时间 时间 10:30 可用。将光标移到滑块上，光标变为向双向箭头，按住鼠标左键左右拖动滑块，即可改变日期或时间。在拖动滑块时，视口中的阳光会动态改变。在“阳光特性”选项板的“太阳角度计算器”面板中也可改变日期和时间，参看 16.9.2 节。

2．使用天光背景和天光照明

在三维模型中可以使用天光背景或天光背景和照明，天空照明会将额外的光源添加到场景中，从而在整个场景中模拟由大气散射造成的光线效果。但注意，条件是当前视图中天光背景或天光背景和照明可用。

如果是从图形样板文件 acad3D.dwt 或 acadiso3D.dwt 开始三维绘图，将其视图默认天光背景或天光背景和照明可用。

如果是从图形样板文件 acad.dwt 或 acadiso.dwt 开始，将其转成三维空间开始三维绘图，其视图的天光背景或天光背景和照明被禁用。如果在此种情况下也想使用天光背景或天光背景和照明，可使用“view”命令创建一个使用天光背景或天光背景和照明的视图并将其应用。方法是：

首先确认当前光源单位为光度控制单位——国际光源单位或美制光源单位（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 1 或 2）。

再使用“view”命令打开“视图管理器”，单击“新建”按钮，打开“新建视图/快照”对话框，在“视图名称（N）”文本框输入视图名称，再从“背景”栏的下拉列表中选择“阳光与天光”，单击“确定”按钮后返回“视图管理器”，再单击“置为当前（C）”按钮，再单击“确定”按钮即可。

如果当前视图中天光背景或天光背景和照明可用，则在图形中使用天光背景或天光背景和照明的方法如下。

方法 1：在三维建模工作空间的“渲染”选项卡的“阳光和位置”面板上，单击按钮 关闭天光，不使用天光背景；单击按钮 天光背景，使用天光背景；单击按钮 天光背景和照明，使用天光背景和照明。

方法 2：在命令行输入系统变量“SKYSTATUS”，命令行提示：

输入 “SKYSTATUS” 的新值 <当前值>: 输入 “0”、“1” 或 “2” 回车 或 直接回车

输入“0”回车，关闭天光；输入“1”回车，使用天光背景；输入“2”回车，使用天光背景和照明；直接回车接受当前状态。

方法 3：在国际光源单位或美制光源单位（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 1 或 2）时，在三维建模工作空间的“渲染”选项卡的“阳光和位置”面板上，单击右下角的按钮↘，打开“阳光特性”选项板。在“天光特性”面板中，单击“状态”栏的右格，从下拉列表中选择“关闭天光”或“天光背景”或“天光背景和照明”。


注意

打开天光照明后，默认的最终采集自动设置将在渲染中启用最终采集。可以在“阳光特性”选项板“调整阳光与天光背景”对话框中调整阳光特性与天光背景。一旦在三维图形中使用“二维线框”视觉样式，天光背景不可用。

16.9.2 “阳光特性”选项板

“sunproperties”命令用于显示“阳光特性”选项板。“阳光特性”选项板由不同的面板组成，可用于指定阳光和天光设置及控件。命令的输入方式有：

- 命令行：sunproperties↙
- 工具栏：光源 ；渲染工具栏→ 的下拉按钮菜单→
- 下拉菜单：视图（V）→渲染（E）→光源（L）→ 阳光特性（U）
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“阳光和位置”面板的右下角的按钮↘；三维建模工作空间→“视图”选项卡→“选项板”面板→ “阳光特性选项板”按钮

如果当前光源单位是标准（常规）光源（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 0），命令输入后打开“阳光特性”选项板如图 16-14 所示；如果当前光源单位是国际光源单位或美制光源单位（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 1 或 2），命令输入后打开“阳光特性”选项板如图 16-15 所示。



图 16-14 “阳光特性”选项板（标准光源）



图 16-15 “阳光特性”选项板（光度控制光源）

1．“常规”面板

设置阳光的基本特性。

状态：打开和关闭阳光。如果未在图形中使用光源，则此设置没有影响。单击右格，从下拉列表中选择“开”或“关”。

强度因子：设置阳光的强度或亮度，取值范围为 0（无光源）～最大值。数值越大，光

源越亮。单击右格，输入强度值或单击增减按钮改变其值。

颜色（仅标准光源流程）：控制光源的颜色。单击右格，从下拉列表中选择颜色名称或编号；或单击“选择颜色”，打开“选择颜色”对话框，从中选择颜色。

阴影：打开和关闭阳光阴影的显示和计算。单击右格，从下拉列表中选择“开”或“关”。关闭阴影可以提高性能。

2.“天光特性”面板

“天光特性”按钮：打开“调整阳光与天光背景”对话框。参看 16.9.3 节。

（1）自然光基本特性

状态：确定渲染时是否计算自然光照明。此操作对视口照明或视口背景没有影响。它仅使自然光可作为渲染时的收集光源。请注意，此操作不控制背景。单击右格，从下拉列表中选择“关闭天光”、“天光背景”、“天光背景和照明”。

强度因子：提供放大天光的一个方法。值为 0～最大。默认值为“1”。单击右格，输入强度值或单击增减按钮改变其值。

雾化：确定大气中散射效果的幅值。值为 0～15。默认值为“0”。单击右格，输入值或单击增减按钮改变其值。

（2）“地平线”面板

此特性类别适合于地平面的外观和位置。

高度：确定相对于世界零海拔的地平面的绝对位置。此参数表示世界坐标空间长度并且应以当前长度单位对其进行格式设置。值的范围为-10～10，默认值为“0”。单击右格，输入值或单击增减按钮改变其值。

模糊：确定地平面和天空之间的模糊量。值为 0～10。默认值为“0.1”。单击右格，输入值或单击增减按钮改变其值。

地面颜色：确定地平面的颜色。单击右格，从下拉列表中选择颜色名称或编号；或单击“选择颜色”，打开“选择颜色”对话框，从中选择颜色。

（3）“高级”面板

此特性类别仅适合不同的艺术效果。

夜间颜色：指定夜间自然光的颜色。单击右格，从下拉列表中选择颜色名称或编号；或单击“选择颜色”，打开“选择颜色”对话框，从中选择颜色。

鸟瞰透视：指定是否应用鸟瞰透视。单击右格，从下拉列表中选择“开”或“关”。

可见距离：指定 10%雾化阻光度情况下的可视距离。值为 0 至最大。默认值为 10000。单击右格，输入值或单击增减按钮改变其值。

（4）“太阳圆盘外观”面板

此特性类别仅适合背景。他们控制太阳圆盘的外观。

圆盘比例：指定太阳圆盘的比例（正确尺寸为 1）。单击右格，输入值或单击增减按钮改变其值。

光晕强度：指定太阳光晕的强度，值为 0～25，默认值为“1”。单击右格，输入值或单击增减按钮改变其值。

圆盘强度：指定太阳圆盘的强度，值为 0～25，默认值为“1”。单击右格，输入值或单击增减按钮改变其值。

3. “太阳角度计算器”面板

“太阳角度计算器面板”设置阳光的角度。

日期：显示当前日期设置。单击其右格，出现按钮 [...]，单击该按钮，打开一个日历，从中选择年、月、日，用鼠标左键双击“日”改变日期。

时间：显示当前时间设置。单击右格，可从下拉列表（24 小时制）中选择具体的时间。

夏令时：设置是否采用夏令时时间。单击右格，可从下拉列表中选择“是”或“否”。

方位角：显示方位角（阳光沿地平线绕正北方向顺时针的角度）。该设置是只读的。

仰角：显示仰角（阳光垂直于地平线的角度）。最大值为 90° 或垂直。该设置是只读的。

源矢量：显示阳光方向的坐标。该设置是只读的。

4. “渲染阴影细节”面板

“渲染阴影细节”面板指定阴影的特性。

类型：显示阴影类型的设置。阴影显示处于关闭状态时（“常规”面板的阴影格），该设置是只读的。在光度控制流（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 1 或 2）中，柔和（面积）是唯一选项。在标准光源（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 0）中，可选择“锐化”、“柔和（已映射）”和“柔和（面积）”。如选择“锐化”、“柔和（已映射）”，下一格显示“贴图尺寸”选项；如果选择“柔和（面积）”，下一格显示“样例”选项。

贴图尺寸（仅限于在标准光源）：显示阴影贴图的尺寸。阴影显示处于关闭状态时，该设置是只读的。取值范围为 0～1000，默认值为 8。

样例：指定将具有日面的样例数量。取值范围为 0～1000，默认值为 8。阴影显示处于关闭状态时，该设置是只读的。单击右格，输入值或单击增减按钮改变其值。

柔和度：显示阴影边缘外观的设置。阴影显示处于关闭状态时，该设置是只读的。取值范围为 0～50，默认值为 1。单击右格，输入值或单击增减按钮改变其值。

5. “地理位置”面板

“启动地理位置”按钮，单击该按钮，打开“地理位置 – 定义地理位置”对话框。参看 16.9.4 节。

该面板显示当前地理位置设置。此信息是只读的。如果存储某个城市时未包含纬度和经度，则列表中不会显示该城市。

16.9.3 “调整阳光与天光背景”对话框

单击“阳光特性”选项板的“天光特性”面板的“天光特性”按钮，将打开“调整阳光与天光背景”对话框，如图 16-16 所示。

使用“view”命令打开“视图管理器”，单击“新建”按钮，打开“新建视图/快照”对话框，从“背景”栏的下拉列表中选择“阳光与天光”，也可打开“调整阳光与天光背景”对话框。

由“调整阳光与天光背景”对话框定义视图的



图 16-16 “调整阳光与天光背景”对话框

位置、颜色和阳光与天光效果。仅在光度控制光源流程（系统变量“LIGHTINGUNITS”为 1 或 2）中可用。

“调整阳光与天光背景”对话框由三部分组成：上部是当前视图的当前阳光与天光设置的预览框，在下面各面板中所做的更改将适时显示；中间是特性面板，上下拖动其左侧滑条可列出所有特性；下部是地理位置。

“调整阳光与天光背景”对话框除了上部的预览框，其余内容与“阳光特性”选项板的内容完全一样，所以不再重述。

16.9.4 地理位置

单击“阳光特性”选项板的“地理位置”面板的“启动地理位置”按钮，如果还没有给当前图形设置地理位置，将打开“地理位置 – 定义地理位置”对话框，如图 16-17 所示。由该对话框为当前图形中的对象设置地理位置实际上等同于执行“geographiclocation”命令，该命令的输入方式还有以下几种：

- 命令行：geographiclocation ↙
- 工具栏：光源；渲染工具栏→的下拉按钮菜单→
- 下拉菜单：工具（T）→地理位置（G）
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“阳光和位置”面板→按钮“设置位置”

在“地理位置 – 定义地理位置”对话框中，如果选择“输入 .kml 文件或 .kmz 文件”，将打开“地理位置-输入 .kml 或 .kmz 文件”对话框，从中找到 .kml 文件或 .kmz 文件，将其打开。从 .kml 文件或 .kmz 文件中检索地理位置信息（.kml，是 Keyhole 标记语言（Keyhole Markup Language）的缩写，是一种采用 XML 语法与格式的语言，用于描述和保存地理信息（如点、线、图像、多边形和模型等），可以被 Google Earth 和 Google Maps 识别并显示。.kmz 文件是压缩过的 KML 文件）。

如果选择“从 Google Earth 输入当前位置”，将打开 Google Earth（前提是已经安装 Google Earth），从中检索要输入的位置。

如果已经为当前图形设置了地理位置，将打开警告对话框“地理位置 – 位置已经存在” 警告对话框，如图 16-18 所示。

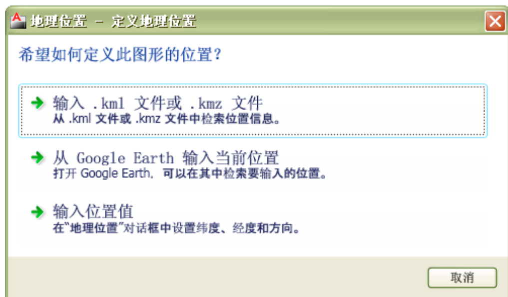


图 16-17 “地理位置 – 定义地理位置”对话框

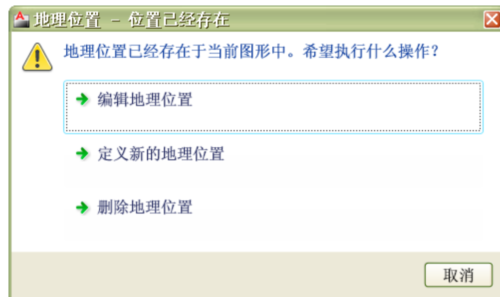


图 16-18“地理位置-位置已经存在”对话框

如果选择“定义新的地理位置”，将打开“地理位置 – 定义地理位置”对话框，如图 16-17 所示。

如果选择“删除地理位置”，将显示“地理位置-删除”警告框，如图 16-19 所示。选择“是”，删除图形中的已有地理位置；选择“否”，保留现有地理位置。

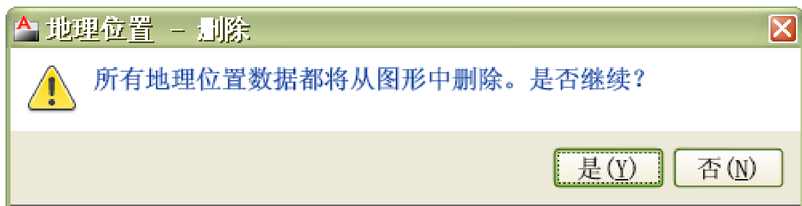


图 16-19 “地理位置-删除”警告框

1. “地理位置-定义地理位置”对话框

在“地理位置-定义地理位置”对话框（如图 16-17 所示）中，如果选择“输入 .kml 文件或 .kmz 文件”，将打开“地理位置-输入 .kml 或 .kmz 文件”对话框，从中找到 .kml 文件或 .kmz 文件，将其打开。从 .kml 文件或 .kmz 文件中检索地理位置信息（.kml，是 Keyhole 标记语言（Keyhole Markup Language）的缩写，是一种采用 XML 语法与格式的语言，用于描述和保存地理信息（如点、线、图像、多边形和模型等），可以被 Google Earth 和 Google Maps 识别并显示。.kmz 文件是压缩过的 KML 文件）。

如果选择“从 Google Earth 输入当前位置”，将打开 Google Earth（前提是已经安装 Google Earth），从中检索要输入的位置。

如果选择“输入位置值”，将打开“地理位置”对话框，如图 16-20 所示。在“地理位置”对话框里设置图形中地理位置的纬度、经度和北向等。

2. “地理位置”对话框



图 16-20 “地理位置”对话框

（1）“纬度和经度”栏

通过纬度和经度或时区确定地理位置。

“用十进制数表示的纬度/经度”下拉列表：如果从中选择“用十进制数表示的纬度/经度”，下面的“纬度”和“经度”文本框以十进制值显示或设置纬度、经度。如果从中选择“用度分秒表示的纬度/经度”，下面的“纬度”和“经度”以度(º)、分(')、秒(")的文本框显示或设置纬度、经度。

“使用地图”按钮：单击该按钮，将打开“位置选择器”对话框（图 16-19），从地图中设置地理位置。参看本节“5‘位置选择器’对话框”。

“纬度”文本框：设置当前位置的纬度。可以直接在文本框中输入纬度值或单击其右侧的增减按钮改变纬度值。纬度值的有效范围为-90～+90（无论“用十进制数表示的纬度/经度”，还是“用度分秒表示的纬度/经度”）。如果输入负值，确定后自动变为正值，且如果“南/北”下拉列表显示“北”，随即变为“南”。也可以应用“使用地图”按钮确定一个位置的纬度。

“南/北”下拉列表：从中选择是南纬还是北纬，即赤道以北的纬度还是赤道以南的纬度。

“经度”文本框：设置当前位置的经度。可以直接在文本框中输入经度值或单击其右侧的增减按钮改变经度值。经度值的有效范围为-180～+180（无论“用十进制数表示的纬度/经度”，还是“用度分秒表示的纬度/经度”）。如果输入负值，确定后自动变为正值，且如果“东/西”下拉列表显示“东”，随即变为“西”。也可以应用“使用地图”按钮确定一个位置的经度。经度变化后，“时区”下拉列表随即变化。

“东/西”下拉列表：从中选择是东经还是西经，即本初子午线以东的经度还是本初子午线以西的经度。

“时区”下拉列表：从中选择时区以确定地理位置。时区是通过位置参照来估算的。选择时区后，“纬度”和“经度”文本框随即变化。

（2）“坐标和标高”栏

设置世界坐标系（WCS）的 X、Y、Z 坐标值和标高的值。

“X（Y、Z）”文本框：设置地理位置在世界坐标系中 X（Y、Z）分量的值。可直接在框中输入 X（Y、Z）坐标值。

“拾取点”按钮：这是基于世界坐标系（WCS）在视图中指定地理位置标记 X、Y、Z 值。单击该按钮，对话框暂时关闭，命令行提示：

选择位置所在的点 <当前值>: *输入点坐标 或 用鼠标在模型中拾取一点*

完成提示后返回对话框，“X”、“Y”、“Z”文本框的值改变。

“标高”文本框：在下面的“向上方向”栏中的向上方向确定后，设置沿向上方向的相对高度。可直接在文本框中输入高度值，也可单击其右侧的增减箭头改变其值。

（3）“北向”栏

设置北向方向。默认情况下，北方是世界坐标系（WCS）中 Y 轴的正方向。

“角度”文本框：设置相对于北向的角度，有效值为 0°～359.9°，可直接在文本框中输入角度值，也可单击其右侧的增减箭头改变其值。

“拾取点”按钮：指定一方向矢量确定北向角值。单击该按钮，对话框暂时关闭，起始于坐标系原点的光标橡皮筋用于指示北向，同时命令行提示：

指定北向或 [角度（A）]: *用鼠标在模型中拾取一点确定方向矢量 或 输入北向角度值*

完成提示后返回对话框，“角度”文本框中角度改变，“交互式北向预览”圆盘中指针方向改变。

“交互式北向预览”圆盘：用圆盘指针指定北向角值。用鼠标左键单击圆盘，指针方向改变，角度值改变；在圆盘内按住鼠标左键拖动，指针旋转，角度值改变。北向角值范围为0°～359.9°。



（4）“向上方向”栏

为地理位置指定向上方向。默认情况下，向上方向为 Z 轴正向（0，0，+1），向上方向和北向总是互相垂直。

“向上方向”下拉列表：设置向上方向。从下拉列表中可以选择“+Z”、“-Z”或“自定义方向”。只有选择“自定义方向”后，其右边的按钮才可用。

“拾取点”按钮：从当前的 WCS 坐标系，指定一方向矢量确定向上方向。单击该按钮，对话框暂时关闭，起始于坐标系原点的光标橡皮筋用于指示向上方向，同时命令行提示：

指定向上方向<X 当前值，Y 当前值，Z 当前值>：*用鼠标在模型中拾取一点确定方向矢量 或 输入 X、Y、Z 值*

完成提示后返回对话框，自定义方向（X、Y、Z）改变。

在“地理位置”对话框中设置完成后，单击“确定”按钮，为当前图形设置地理位置完成。默认情况下，图形中显示地理标记。

系统变量 GEOMARKERVISIBILITY 控制图形中地理标记是否显示。如果其值为 1，则图形中显示地理标记；如果其值为 0，不显示地理标记。

从命令行输入 GEOMARKERVISIBILITY，对提示“输入 GEOMARKERVISIBILITY 的新值 <当前值>：”以 0 或 1 响应改变其值。

3．“位置选择器”对话框

“位置选择器”对话框如图 16-21 所示，从中确定地理位置的纬度和经度。



图 16-21 “位置选择器”对话框

方法 1：先从“地区”下拉列表选择大区（洲），然后从“最近的城市”或“时区”下拉列表选择地理位置，单击“确定”按钮，出现“地理位置 – 时区已更新”提示框，如图 16-22a 所示，选择“接受更新的时区”后，返回“地理位置”对话框，相应的纬度、经度和时区更新；选择“返回上一个对话框”后，返回“地理位置”对话框，但纬度、经度和时区不变。如果选择的时区与大区或最近城市不相符，“地理位置 – 时区已更新”提示框如图 16-22b 所示，单击“选择其他时区”，返回“位置选择器”对话框；单击“仍选择该时区”，返回“地理位置”对话框。

方法 2：直接在地图上单击鼠标左键，地图上的红十字指定地理位置（同时下面的“地区”、“最近的城市”和“时区”下拉列表随即变化），然后单击“确定”按钮后，出现“地理位置 – 时区已更新”提示框，选择后返回“地理位置”对话框，其“纬度”和“经度”文本框和“时区”下拉列表相应变化或不变。


注意　由“地区”下拉列表选择了大区后，地图和“最近的城市”和“时区”下拉列表随即变化；由“最近的城市”下拉列表选择城市后，“时区”下拉列表随即变化，但地图和“时区”不变；由“时区”下拉列表选择时区后，其他都不变。

选中“最近的大城市”复选框，使用所选最近的大城市的纬度和经度值。



a）



b）

图 16-22 “地理位置 – 时区已更新”提示框

a）“地理位置 – 时区已更新”提示框（时区与地区或最近城市相符）　b）“地理位置 – 时区已更新”提示框（时区与地区或最近城市不符）

16.9.5 系统变量“TIMEZONE”

从 16.9.4 节可知，在设置地理位置时也可以设置时区。如果时区不准确，可以在“地理位置”对话框中更改或通过系统变量 TIMEZONE 更改。系统变量 TIMEZONE 可在图形中直接设置阳光的时区。在命令行键入系统变量 TIMEZONE 后回车，将出现提示：

输入 TIMEZONE 的新值 <当前值>: *输入表 16-1 中的一个值回车 或 直接回车*

TIMEZONE 更改后，会在“阳光特性”选项版的“地理位置”面板中显示更改的结果。

表 16-1　系统变量“TIMEZONE”取值对应时区

-12000	国际日期变更线向西	-5000	东部时间（美国和加拿大）
-11000	中途岛，萨摩亚	-5001	印第安纳（东部）
-10000	夏威夷	-5002	波哥大、利马、基多
-9000	阿拉斯加	-4000	大西洋时间（加拿大）
-8000	太平洋时间（美国和加拿大），提华纳	-4001	加拉加斯、拉巴斯
-7000	山地时间（美国和加拿大）	-4002	圣地亚哥
-7001	亚利桑那	-3300	纽芬兰
-7002	奇瓦瓦、拉巴斯、马杞兰	-3000	巴西利亚
-6000	中部时间（美国和加拿大）	-3001	布宜诺斯艾利斯、乔治敦
-6001	中美洲	-3002	格陵兰
-6002	瓜达拉哈拉、墨西哥城、蒙特雷	-2000	大西洋中部
-6003	萨斯喀彻温	-1000	亚述尔群岛（即：亚速尔群岛）



（续）

-1001	佛得角群岛	+5450	加德满都
0	世界标准时间	+6000	阿拉木图、新西伯利亚
1	格林尼治标准时间：都柏林、爱丁堡、里斯本、伦敦	+6001	阿斯坦纳、达卡
2	卡萨布兰卡、蒙罗维亚	+6002	斯里哈亚华登尼普拉
+1000	阿姆斯特丹、柏林、伯尔尼、罗马、斯德哥尔摩、维也纳	+6300	仰光
+1001	布鲁塞尔、马德里、哥本哈根、巴黎	+7000	曼谷、河内、雅加达
+1002	贝尔格莱德、布拉迪斯拉发、布达佩斯、卢布尔雅那、布拉格	+7001	克拉斯诺亚尔斯克
+1003	萨拉热窝、斯科普里、华沙、萨格勒布	+8000	北京、重庆、香港、乌鲁木齐
+1004	西中非	+8001	吉隆坡、新加坡
+2000	雅典、贝鲁特、伊斯坦布尔、明斯克	+8002	台北
+2001	布加勒斯特	+8003	伊尔库茨克、乌兰巴托
+2002	开罗	+8004	佩斯
+2003	哈拉雷、比勒陀利亚	+9000	大阪、札幌、东京
+2004	赫尔辛基、基辅、里加、索非亚、塔林、维尔纽斯	+9001	汉城（即：首尔）
+2005	耶路撒冷	+9002	雅库茨克
+3000	莫斯科、圣彼得堡、伏尔加格勒	+9300	阿德莱德
+3001	科威特、利雅得	+9301	达尔文
+3002	巴格达	+10000	堪培拉、墨尔本、悉尼
+3003	奈洛比（即：内罗毕）	+10001	关岛、莫尔兹比港
+3300	德黑兰	+10002	布里斯班
+4000	阿布扎比、马斯喀特	+10003	霍巴特
+4001	巴库、第比利斯、耶烈万（即：埃里温）	+10004	符拉迪沃斯托克
+4300	喀布尔	+11000	马加丹、索罗门群岛、新喀里多尼亚
+5000	伊卡特林伯格	+12000	奥克兰、惠灵顿
+5001	伊斯兰堡、卡拉奇、塔什干	+12001	斐济、堪察加半岛、马歇尔群岛
+5300	晨奈、加尔各答、孟买、新德里	+13000	努库阿洛法

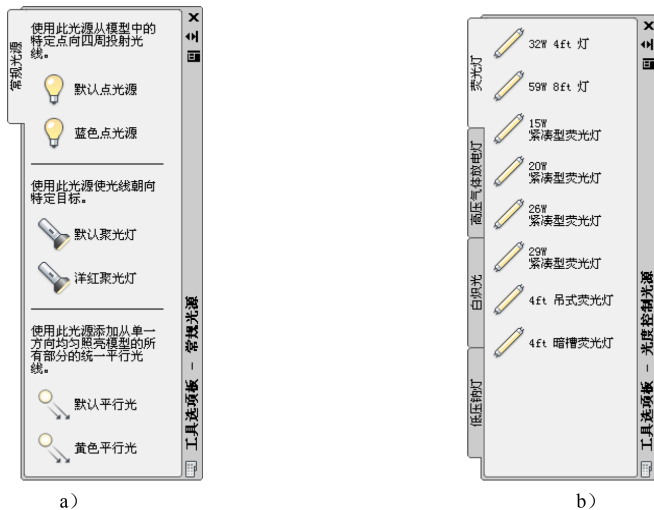
16.10　光源工具选项板

使用工具选项板可以使用已有的光源，也可将用户创建的光源存储到工具选项板上，以便在同一个图形或其他图形中再次使用。

1．使用已有的光源

打开工具选项板，将光标移动到工具选项板的标题栏上，单击鼠标右键打开菜单。如果选择“常规光源”，如图 16-23a 所示；如果选择“光度控制光源”，如图 16-23b 所示。





a） b）

图 16-23 光源工具选项板

a）工具选项板（常规光源） b）工具选项板（光度控制光源）

要使用工具选项板上的光源，在光源上单击鼠标左键，命令行提示：

指定源位置 <0，0，0>: *输入点的坐标 或 移动光标到合适的位置单击鼠标左键*

添加光源后，如果需要修改，可打开“阳光特性”选项板进行调整。也可使用本章 16.7 节的方法操控光源。

2．将用户创建的光源存储到工具选项板

可将用户创建的光源（点光源、聚光灯和光域灯光）存储到工具选项板上，作为新的光源工具，以便在同一个图形或其他图形中再次使用。方法是：

打开工具选项板，在图形中选中将要存储的光源，按住鼠标左键将其拖动到活动的工具选项板。

新光源工具保留除光源位置特性外的所有光源特性。

第 17 章　材质和纹理



材质定义对象的外观以及反光度、凹凸度和透明度等，使其具有真实的效果。本章讨论材质的应用、修改等。

17.1　材质概述

在图形中为对象添加材质，可以在任何渲染视图中提供逼真效果。

AutoCAD 以材质库提供各种材质，有如下三种类型的库。

Autodesk 库：包含 Autodesk 提供的预定义材质，可用于支持材质的所有应用程序。该库是包含 700 多种材质和 1000 多种纹理的大型材质库，还包含与材质相关的资源，如缩略图等。用户可直接对三维对象使用库中材质。但此库为只读，无法编辑 Autodesk 库，也无法在该库中直接编辑材质。如果非要编辑库中材质，可将 Autodesk 材质复制到图形中，编辑后保存到用户自己的库。

用户库：包含要在图形之间共享的所有材质，用户定义的或修改的材质。可以复制、移动、重命名或删除用户库及其中材质。

嵌入库：包含在图形中使用或定义的一组材质，且仅适用于此图形。当安装了使用 Autodesk 材质的首个 Autodesk 应用程序后，将自动创建该库。无法重命名此类型的库。它将存储在图形中。

使用“材质浏览器”可以浏览材质，并将他们应用于图形中的对象。“材质浏览器”还可以打开库、创建库、修改库、删除库，但 Autodesk 库除外。还可以在“材质浏览器”中添加类别并重组库材质。

使用“材质编辑器”可以创建和修改材质。

纹理可提高材质的复杂程度和真实感。例如，要复制一条铺路中的凹凸效果，可以向图形中表示道路的对象应用噪波纹理。若要复制砂浆砌砖图案，可以使用瓷砖纹理。使用“纹理编辑器”可以定义纹理的外观及其应用于对象的方式。

17.2　材质浏览器

使用“材质浏览器”可导航和管理材质。可以组织、分类、搜索和选择要在图形中使用的材质。可以在“材质浏览器”中访问 Autodesk 库和用户定义的库。打开“材质浏览器”的方法有：

- 命令：matbrowseropen ↙ 或 materials ↙
- 工具栏：渲染
- 下拉菜单：视图(V)→渲染(E)→材质浏览器(B)
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“材质”面板的“材质浏览器”



“材质浏览器”如图 17-1 所示。

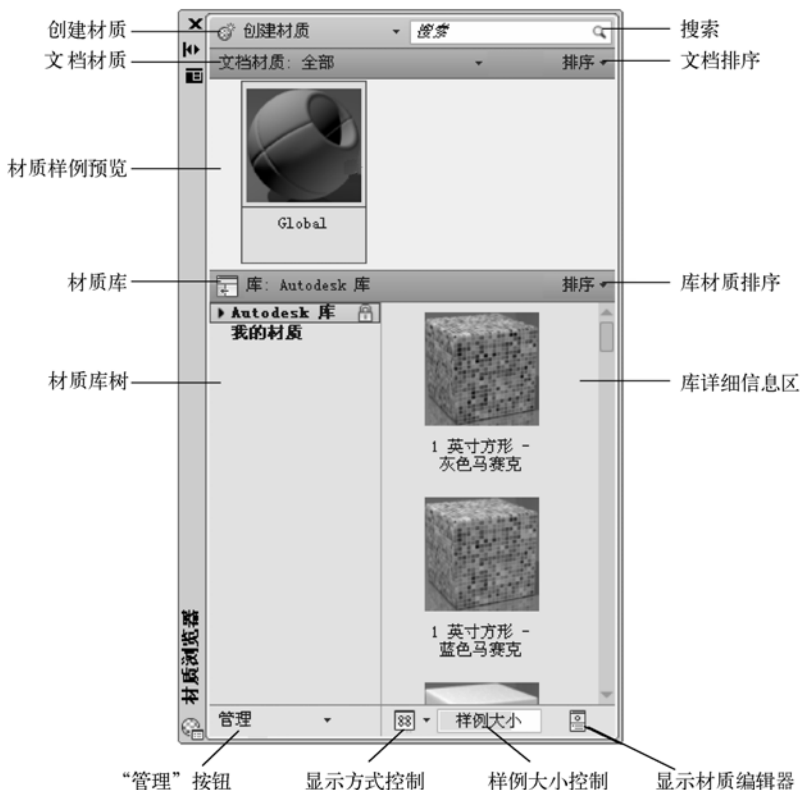


图 17-1　材质浏览器

“材质浏览器”包含下列主要组件：

1.“创建材质“按钮

创建或复制材质。单击该按钮，打开菜单，如图 17-2 所示，从中选择一种材质样板，将在样例预览中显示新创建的新材质样例；与此同时，打开“材质编辑器”（参看 17.3 节），在“材质编辑器”中进行编辑后，会实时显示在样例中。

2.“搜索”框

在多个库中搜索材质外观。在“搜索”框中输入材质相关字符名称，将在所有打开的库中搜索材质，并在库详细信息区仅显示那些与搜索字符串相匹配的材质，显示搜索结果取决于在树视图中选择的库。如果选择“库”根节点，则显示选定库中所有匹配材质的搜索结果；但是，如果选择库的类别，将仅在该类别内搜索。

也可以在搜索框中输入“材质编辑器”（参看 17.3 节）的“信息”选项卡中的材质名称、描述和关键字信息进行搜索。

搜索结束后，单击搜索框中的×按钮清除搜索，并返回以查看未过滤的库。



图 17-2　创建材质

3.“文档材质”栏

在样例预览中显示当前图形中已有材质的缩略预览图。要改变预

览图的大小，将光标移到样例预览区的下边界，光标变为双向箭头，按住鼠标左键移动，预览区大小改变，材质的缩略预览图大小也动态改变。

1）“文档材质”按钮：单击该按钮，打开菜单，如图 17-3 所示。

显示全部：在样例预览中显示当前图形中所有材质。

显示应用的：在样例预览中显示当前图形中已经应用的材质。

显示选定的：在样例预览中显示当前图形中被选中的（上面有夹点）且已经应用了材质的三维对象上使用的材质。



显示未使用的：在样例预览中显示当前图形中已有的但未使用的材质。

清除所有未使用项：清除样例预览中当前图形中已有的但未使用的材质。

2）排序 “材质样例排序”按钮：单击该按钮，打开菜单，从中选择“按名称”、“按类型”或“按材质颜色”在样例预览中对材质排序。

3）样例预览中的右键菜单：在样例预览的空白处单击鼠标右键，打开的右键菜单包括“文档材质”菜单和“文档排序”菜单的内容。在样例预览的一个材质样例上单击鼠标右键，打开菜单如图 17-4 所示。

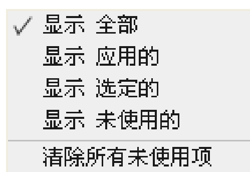


图 17-3　文档材质

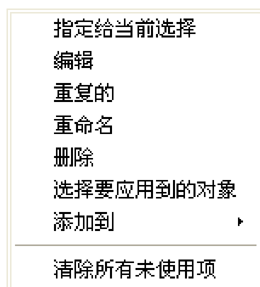


图 17-4　材质样右键菜单

指定给当前选择：先在图形中选择若干三维对象，然后选择该项，所选对象将被应用材质。

编辑：打开“材质编辑器”，可对所选材质进行编辑。注意，如果在材质上双击鼠标左键，也可打开“材质编辑器”。

重复的：选择该项将在样例预览中创建一个所选材质的副本。

重命名：对所选材质重新命名。

删除：删除所选材质。如果该材质已经被应用，会出现警告框，如图 17-5 所示。如果选择“是”，在样例预览中将删除该材质的预览，同时三维对象也将不再应用该材质。选择“否”，将放弃删除。

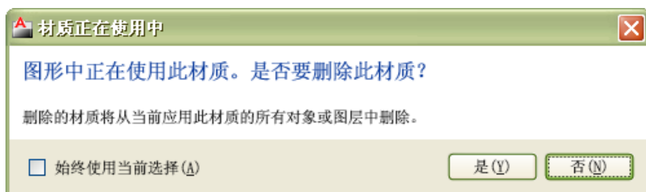


图 17-5　“材质正在使用中”警告框

选择要应用到的对象：选择该项，图形中应用了该材质的三维对象将被选中（出现夹点且亮显）。

添加到：初始情况有两个选项—“我的材质”和“活动的工具选项板”。如果选择“我的材质”，将把该材质添加到材质库树中的“我的材质”或用户创建的类别；如果选择“活动的工具选项板”，将把该材质添加当前活动的工具选项板（如果工具选项板处于关闭状态，该选项会打开工具选项板）。

清除所有未使用项：清除样例预览中当前图形中已有的但未使用的材质。

4．“材质库”栏

材质库分两部分，左边是材质库树；右边是库详细信息区，显示选定类别中材质的预览。将光标移到库详细信息区的左边界，光标变为双向箭头，按住鼠标左键移动，可改变材质库树区域和库详细信息区的大小。

材质库树包括“Autodesk 库”和“我的材质”库。“Autodesk 库”是由 Autodesk 提供的包含 Autodesk 材质的标准系统库，可供所有应用程序使用。“我的材质”库存储用户定义的材质，该库不可重命名。

1）库按钮：单击该按钮，可显示或关闭材质库树。关闭材质库树后只显示库详细信息区。

2）Autodesk 库：“Autodesk 库”名称前面的箭头是收缩箭头▶和展开箭头▼。单击两种箭头，其形式相互转换，同时 Autodesk 库中的材质类别收缩或展开。在材质类别展开时，选中一个类别，右侧库详细信息区只显示该类别的所有样例。

3）我的材质：在“我的材质”上单击鼠标右键，从打开的右键菜单上选择“创建类别”，将在其下面创建默认名为“类别×”的用户材质库。在用户创建的材质库或材质库类别上单击鼠标右键，从打开的右键菜单上可选择“创建类别”（继续创建新的类别），“删除类别”（删除该类别），“重命名”（为该类别改名），“删除库”（删除用户创建的材质库）。一旦创建了用户自己的材质类别，“我的材质”名称前面会出现箭头▼或▶，单击箭头，可收缩或展开用户的材质类别。同样，选中一个类别，右侧库详细信息区只显示该类别的样例。

4）库详细信息区：库详细信息区显示在材质库树中选定材质类别中的所有材质的预览。

5）排序▾ “库材质排序”按钮：单击该按钮打开菜单，从中选择“按名称”、“按类别”、“按类型”或“按材质颜色”在样例预览中对材质排序。

6）库详细信息区的样例上的右键菜单：在库详细信息区的样例上单击鼠标右键，打开的右键菜单，如图 17-6a 所示。

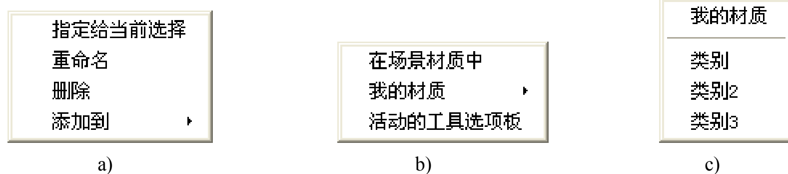
指定给当前选择：只有先在图形中选择若干三维对象，该选项才可用。可用时选择该项，所选对象被应用材质。

重命名：对“我的材质”库中的所选材质可重新命名。但对“Autodesk 库”库中的所选材质不可重命名。

删除：对“我的材质”库中的所选材质可删除。但对“Autodesk 库”库中的所选材质不可删除。

添加到：选择该选项将打开“添加到”子菜单，如图 17-6b 所示。在子菜单中选择“在场景材质中”，将把样例添加到材质样例预览区中（要修改 Autodesk 库中材质，先进行一步，然后编辑修改后保存到用户自己的库中）；选择“我的材质”，将打开“添加到”子菜单，如图 17-6c 所示，将把样例添加到“我的材质”库中或用户创建的类别中；如果选择“活动的工具选项板”，将把该材质添加当前活动的工具选项板（如果工具选项板处于关闭状

态，该选项会打开工具选项板）。



a) b) c)

图 17-6 库详细信息区中样例上的右键菜单及子菜单

a) 样例上的右键菜 b) “添加到” 子菜单 c) “我的材质” 子菜单

5．“管理”按钮

单击该按钮打开菜单，如图 17-7 所示，用于添加、删除和编辑库及库类别。



图 17-7 “管理“按钮菜单

打开现有库：选择该项，将打开“添加库”对话框（标准文件选择对话框），从中可选择任何现有的材质库将其打开，也可以访问在网络上创建的现有用户库，并将其添加到“材质浏览器”中。可以在多个库中预览并选择材质。库存储在单个文档中，且可以与其他用户共享。注意，由用户库中的材质使用的任何自定义纹理文件必须手动与用户库捆绑。

创建新库：选择该项，将显示“创建库”对话框（标准文件选择对话框），在对话框中的文件名文本框输入库文件名，单击“保存”按钮，即保存了新的材质库文件，对话框关闭后，将在材质库树中创建与“我的材质”同级的材质库。可用样例上右键菜单的“添加到”选项将材质添加到其中一个库中。

删除库：选择该项，将删除用户创建的材质库。“Autodesk 库”和“我的材质”库不能删除。仅可删除解除锁定的库。注意，从“材质浏览器”中删除一个库后，该库文件仍然保留在硬盘上。要回收硬盘空间，须手动删除该库文件。

创建类别：选择该项，将创建选中的用户库下的材质类别。不能创建“Autodesk 库”的类别。

删除类别：选择该项，将删除选中的用户库下的材质类别。不能删除“Autodesk 库”的类别。

重命名：为选中的用户库或材质类别指定新的名称。

6．由库或类别组织材质

通过创建用户自己的库或类别，并在库或类别之间复制材质，可有效地组织常用材质。

在不同的库之间复制材质的方法有如下两种。

直接拖动：在材质样例预览区或库详细信息区选中材质样例，按住鼠标左键直接拖到材质库树的库名称或类别名称上。选中材质库树的库或类别，库详细信息区将显示该库或类别中的材质，直接将材质从材质样例预览区拖到库详细信息区。

使用快捷菜单：在材质样例预览区或库详细信息区的材质样例上单击鼠标右键，打开右键菜单，使用“添加到”选项，然后选择复制的目标库或类别。

复制材质的作用是创建一个材质副本，如果复制的目标是到另外库的类别中，副本将直接添加到新类别中。如果复制的目标是到另外的库（根节点）中，将在新库中自动创建其原始类别。

复制创建的材质副本随图形一起保存。

7．“显示方式控制”按钮

控制材质库详细信息区的视图显示方式。单击该按钮打开菜单，从中选择“栅格视图”（显示材质的样例缩略图和名称）、“列表视图”（显示材质的样例缩略图和名称、类型及类

别）或“文字视图”（显示材质的名称、类型及类别）。

8.“样例大小”滑条

用于调整材质样例预览区和库详细信息区中样例缩略图的大小。将光标移动到滑条上，光标变为双向箭头，按住鼠标左键移动光标，材质样例预览区和库详细信息区中样例缩略图的大小会动态改变。

9. “材质编辑器”按钮

单击该按钮，将打开或关闭“材质编辑器”。

17.3 创建新材质

在“材质浏览器”或“材质编辑器”中可创建新材质。但在“材质浏览器”中只创建一个已有材质的副本，在“材质编辑器”中可对材质做进一步的修改或编辑。在“材质编辑器”中，可以编辑材质的以下特性。

外观：编辑由颜色、图像、材料、纹理以及反射率、透明度、凹凸等等构成的材质外观特性。如果需要，还可使用“纹理编辑器”进一步编辑指定给材质的图像贴图或程序贴图。

信息：定义或显示与给定材质相关联的关键字和描述。某些信息是只读的。

打开“材质编辑器”的方法有

- 命令：mateditoropen ↙
- 工具栏：渲染
- 下拉菜单：视图（V）→渲染（E）→材质编辑器（M）
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“材质”面板的↘

命令输入后打开“材质编辑器”，如图 17-8、图 17-9 所示。但注意，“材质编辑器”的各部分配置将随选定材质和样板类型的不同而变化。

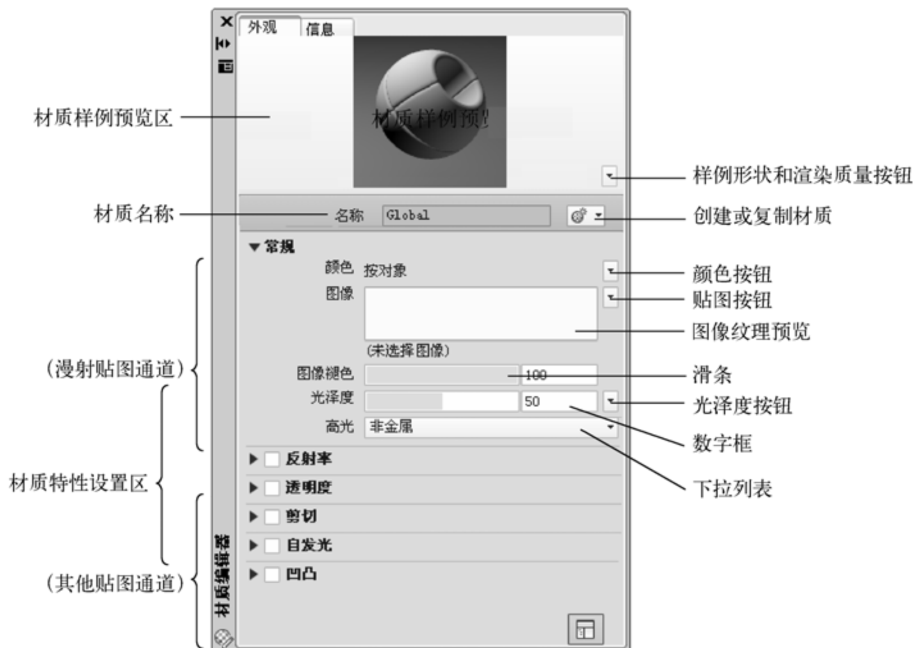


图 17-8 材质编辑器（材质“GLOBAL”）

“材质编辑器”有两个选项卡，“外观”选项卡包含用于编辑材质特性的控件；“信息”选项卡包含用于编辑和查看材质的关键字信息的所有控件。

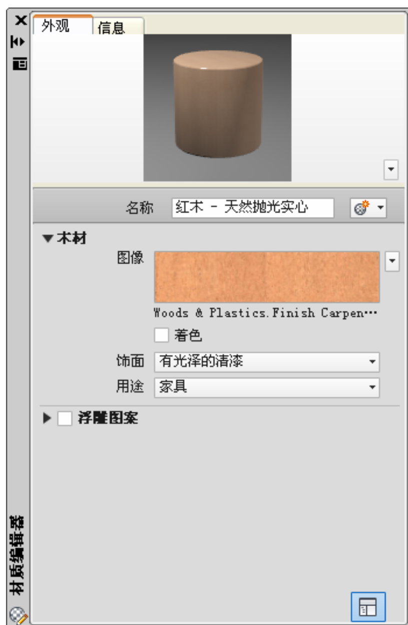


图 17-9 材质编辑器（木材）

17.3.1 “外观”选项卡

1．材质样例预览区

在材质样例预览区预览要编辑的材质，在材质特性区对材质做出的修改，会在预览区实时反映出来。

将光标移到材质样例预览区的下边界，光标变为双向箭头，按住鼠标左键移动，预览区大小改变，材质的缩略预览图大小也动态改变。

2．材质名称

“材质名称”文本框：可在文本框中直接输入材质名称，也可采用默认名称。

要创建一种新材质，单击“创建或复制材质”按钮，将打开菜单，如图 17-10 所示。

材质“GLOBAL”是通用（也叫全局）材质，始终可以在新图形中使用，默认情况下，此材质将应用于所有对象，直至应用了另一种材质。

如果选择“通用”，则将复制“GLOBAL”；如果选择“复制”，则将复制当前样例预览区中的材质；如果选择“复制为通用”，则将复制当前样例预览区中缩略图，但材质特性应用“GLOBAL”的材质特性；菜单的两横线之间是 AutoCAD 已有的材质样板，选择其中一种，将创建该类型的材质。

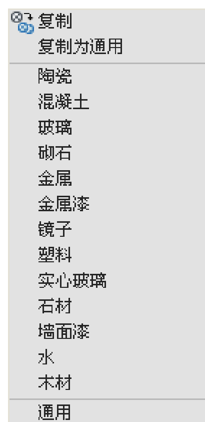


图 17-10 “创建或复制材质”菜单

一旦在“创建或复制材质”菜单选中一种材质，相应的样例几何形状即显示在材质样例预览区。如果想改变材质样例的几何形状，单击材质样例预览区的右下角▾“选择样例形状和渲染质量”按钮，打开“样例形状和渲染质量”菜单，在横线以上选择样例的几何形状，在横线以下选择样例渲染方式。

3．材质特性设置区（常规）

材质由许多特性来定义，可用特性取决于选定的材质类型。因此，材质特性设置区随着材质类型的不同而不同，图 17-9 是材质为木材时的“材质编辑器”，可见其特性设置区与材质为“GLOBAL”时有很大差别。因此，当材质不同时，其特性设置不完全一样，这里仅以材质为“GLOBAL”为例（图 17-8），说明材质的特性设置。至于其他材质，结合 17.5 节，读者可仿此理解，或参考 AutoCAD 帮助及参阅相关资料。另外，AutoCAD 提供的一个简单帮助是，将光标悬停在某特性上，会出现气泡提示，读者可充分利用这一功能。


注意　在“常规”、“反射率”的前面是收缩箭头▶或展开箭头▼，单击这两种箭头，其形式相互转换，同时相应的特性栏收缩或展开。

“常规”栏设置“漫射贴图通道”（关于贴图通道参看 17.5.1 节）。

1）颜色：为材质指定漫射颜色。漫射颜色是材质的基础颜色，是对象在被直射日光或人造光照射时所反射的颜色。单击“调整表面的颜色”按钮▾，可从打开的菜单中选择“按对象着色”（不改变颜色）、“颜色”（可改变颜色）或“编辑颜色”，若选择“颜色”，单击颜色条，可打开“选择颜色”对话框，从中选择颜色。选择“编辑颜色”，也可打开“选择颜色”对话框，从中选择颜色。

漫射颜色影响光线的反射和透射。对象上材质的颜色在该对象的不同区域各不相同。例如，如果观察红色球体，它并不显示出统一的红色。远离光源的面显示出的红色比正对光源的面显示出的红色暗。反射高光区域显示最浅的红色。事实上，如果红色球体非常有光泽，其高光区域可能显示出白色。

2）图像：控制材质的基本漫射颜色贴图，即设置材质的漫射贴图（参看 17.5.1 节）。指定给材质的图像称为贴图。选择贴图后，默认情况下，贴图完全替换材质的漫射颜色，可通过“图像褪色”调整基础漫射颜色和贴图之间的混合，从而为材质的颜色指定图案或纹理。在图像纹理预览框上单击鼠标右键，或单击▾“显示材质的漫射颜色贴图”按钮，打开菜单，如图 17-11 所示。



图 17-11　“贴图”菜单

如果选择“图像”，或在图像纹理预览框为空白时单击该框，将使图像作为贴图，此时将打开“材质编辑器打开文件”对话框，从中选择图像文件打开。贴图文件的类型可以是：.jpg、.jpeg、.png、.tif、.tiff、.bmp、.exr、.hdr、.rle、.dib、.gif、.pcx、.tga。图像文件打开后，“编辑图像”可用。选择“编辑图像”，或者在图像纹理预览框单击鼠标左键，将打开“纹理编辑器”（参看 17.6 节），从中对图像进行纹理编辑。

如果选择“棋盘格”、……、“木材”将选择“程序贴图”（参看 17.5.2 节）作为贴图，同时打开“纹理编辑器”（参看 17.6 节），从中对程序贴图的纹理进行编辑。

在选择了图像或程序贴图后，“删除图像”（或“删除××”，××是程序贴图名称）可

用，选择该项，将删除已经选择的图像或程序贴图。

3）图像褪色：控制漫射颜色和贴图之间的混合。仅当使用图像或程序贴图时才显示褪色特性效果。将光标移动到“图像褪色”滑条上，光标变为双向箭头，按住鼠标左键移动光标，即可改变漫射颜色和贴图之间的混合。也可以在右边的数字框中直接输入混合值（介于0～100）。改变的效果会在材质样例预览区动态显示。

4）光泽度：控制三维对象表面的光泽度。单击▼“光泽度”按钮，打开光泽度菜单，如图17-12所示。如果选择“滑块”，将光标移动到“光泽度”滑条上，光标变为双向箭头，按住鼠标左键移动光标，即可改变光泽度。也可以在数字框中直接输入光泽度值（介于0～100之间）。如果选中下面的“反射率”复选框，改变的效果会在材质样例预览区动态显示。



图17-12 “光泽度”菜单

如果选择“滑块”以外的图像或程序贴图，则将应用图像或程序贴图确定光泽度。

材质的反射质量定义了光泽度或消光度。若要模拟有光泽的曲面，材质将具有较小的高光区域，且其高光颜色较浅，甚至可能是白色。光泽度较低的材质将具有较大的高光区域，且高光区域的颜色更接近材质的主色。在选中“反射率”复选框时，拖动滑块效果明显。

5）高光：控制材质反射高光的获取方式。单击该下拉列表，可选择“金属”和“非金属”。金属高光以各向异性方式发散光线。各向异性指的是依赖于方向的材质特性。金属高光是材质的颜色，而非金属高光是光线接触材质时所显示出的颜色。

4．其他特性

以下特性可用于创建特定的效果（即设置“漫射贴图通道”以外的其他贴图通道）。要设置以下各特性，首先选中其复选框，然后单击箭头▶将其展开。各特性的设置与“常规”的设置类似，因此操作过程请参考“常规”中的各项，这里不再详述。

1）反射率：控制三维对象表面上的反射级别及反射高光的强度，即设置材质的反射贴图（参看17.5.1节）。

直接：调整三维对象表面直接面向相机时，材质的反射率，值介于0（没有反射）～100（最大反射）之间。

倾斜：调整三维对象表面与相机成某一角度时，材质的反射率，值介于0（没有反射）～100（最大反射）之间。

2）透明度：控制材质的透明度级别，即设置材质的透明贴图（参看17.5.1节）。

数量：调整三维对象的透明度值，完全透明的对象允许光从中穿过。透明度值100表示材质完全透明；较低的值表示材质部分半透明；值0表示材质完全不透明。

图像：添加图像或纹理，以与整体透明度量结合。

图像褪色：控制图像和透明度量的混合。

半透明度：调整半透明度值，仅当透明度值大于0时才是可编辑的。半透明对象（例如，磨砂玻璃）使一部分光线从中穿过，一部分光线在对象内发散。半透明度值0表示材质不透明；值100表示材质完全半透明。

折射率：调整折射率，仅当透明度值大于0时才可编辑。控制光线穿过材质时的弯曲

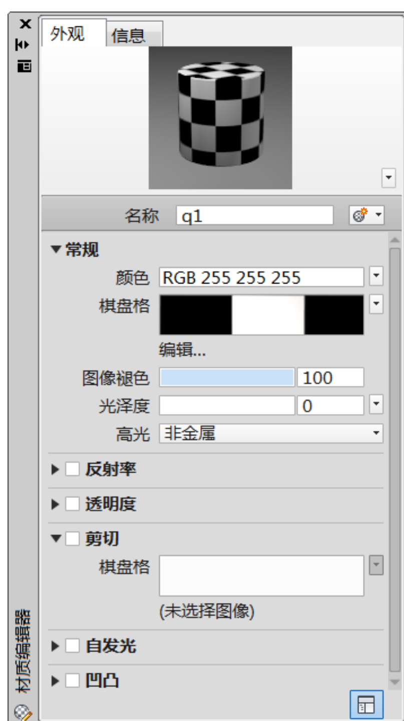
度，因此可在对象的另一侧看到对象被扭曲。例如，折射率为 1.0 时，透明对象后面的对象不会失真。折射率为 1.5 时，对象将严重失真，就像通过玻璃球看对象一样。不同材质的折射率见表 17-1。

表 17-1　折射率表

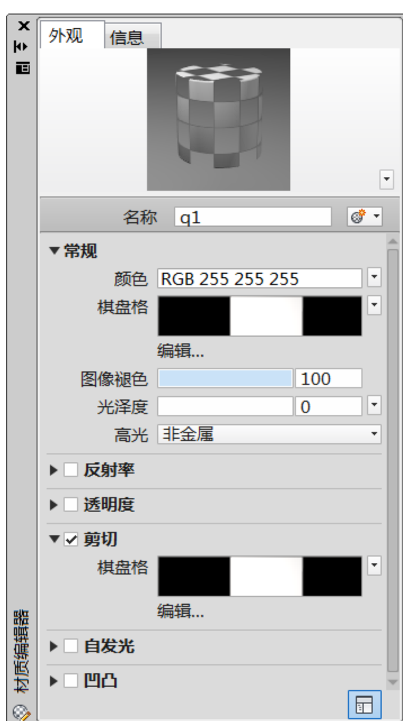
材　质	折　射　率	材　质	折　射　率
真空	1.0（精确）	石英	1.46
空气	1.0003	玻璃	1.5 到 1.7
水	1.3333	钻石	2.419
酒精	1.36	自定义	0.00 - 5.00

3）剪切：根据纹理灰度解释控制材质的穿孔效果，即设置材质的剪切贴图（参看 17.5.1 节）。贴图的较浅区域渲染为不透明，较深区域渲染为透明。

图 17-13 是新创建一个材质“q1”，其漫射贴图和剪切贴图都是“棋盘格”，图 17-13a 是没有使用剪切贴图的效果，图 17-13b 是使用剪切贴图的效果，从预览图可见较浅区域转为不透明，较深区域转为透明。



a)



b)

图 17-13　剪切贴图的效果

a) 未使用剪切贴图的效果　b) 使用剪切贴图的效果

4）自发光：设置对象自身显示为发光而不依赖于图形中的光源。例如，要在不使用光源的情况下模拟霓虹灯，可以将自发光值设置为大于零。自发光没有光线投射到其他对象上。自发光特性可控制材质的过滤颜色、亮度和色温。

过滤颜色：调整通过透明或半透明材质（例如玻璃）传播光线的颜色，可在照亮的表面上创建颜色过滤器的效果。

亮度：调整表面发出的光线的亮度，使材质模拟在光度控制光源中被照亮的效果。在光度控制单位中，发射光线的多少是选定的值。不同材质的亮度见表 17-2。



表 17-2　自发光亮度表

材　质	亮度（坎德拉/平方米）	材　质	亮度（坎德拉/平方米）
暗发光	10	灯罩内部	2500
LED 面板	100	桌灯镜	10000
LED 屏幕	140	卤素灯镜	10000
手机屏幕	200	磨砂灯	210000
CRT 电视	250	自定义	非钳制
灯罩外部	1300		

色温：可用于设置自发光的颜色。不同材质的色温见表 17-3。

表 17-3　自发光色温表

材　质	色温（以 Kelvin 度表示）	材　质	色温（以 Kelvin 度表示）
蜡烛	1850	日光（冷）	6000
白炽灯	2800	氙弧灯	6420
泛光灯	3400	电视屏幕	9320
月光	4100	自定义	非钳制
日光（暖）	5000		

5）凹凸：打开或关闭使用图像或程序贴图为为材质选择凹凸浮雕图案，使对象看起来具有凹凸的或不规则的表面。使用凹凸贴图材质渲染对象时，贴图的较浅区域看起来升高，而较深区域看起来降低。

图像：添加图像或程序贴图。

数量：调整凹凸的高度。较高的值渲染时凸出得越高，较低的值渲染时凸出得越低。灰度图像生成有效的凹凸贴图。

6）“显示材质浏览器”按钮：用于打开或关闭“材质浏览器”。

17.3.2 “信息“选项卡

包含用于编辑和查看材质的关键字信息的所有控件。

1．信息：

指定材质的常规说明。

描述：提供材质外观的说明信息。

关键字：提供材质外观的关键字或标记。关键字用于在“材质浏览器”中搜索和过滤材质。

2．关于

包含材质的类型、版本和位置。

类型：指定材质类型。

版本：指定材质的版本号。

位置：指定存储材质的库。

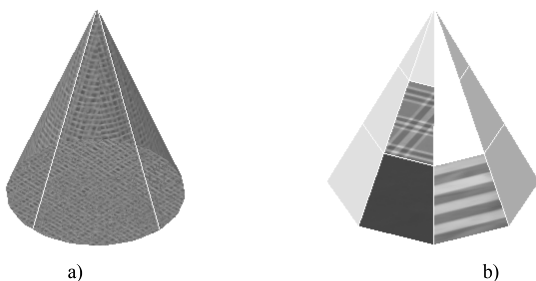
3．纹理路径

显示与材质属性关联的纹理文件的文件路径。

17.4　将材质应用于对象、面和图层

17.4.1　将材质应用于对象、面

可以将材质应用于对象、图层或面（曲面对象的三角形或四边形部分）。图 17-14a 是对实体圆锥体应用“织物”类材质“麻布”的效果；图 17-14b 是对网格棱锥的三个面分别应用材质 “格子花呢 1”和“天鹅绒-红色”、“条纹布-蓝白色”的效果。



a)　　　　　　　　b)

图 17-14　将材质应用于对象或面

a) 对圆锥体应用材质　b) 对网格棱锥的面分别应用不同材质

将材质应用于对象或面有多种方法，下面来分别介绍。

1．使用“材质浏览器”

这有几种操作方式：

1）使用右键菜单（这在 17.2 节已介绍过）。先打开“材质浏览器”，再选中三维对象或子对象，然后从“材质浏览器”的材质样例预览区或库详细信息区找到要应用的材质，在其上单击鼠标右键，从右键菜单中选择“指定给当前选择”，材质将应用到三维对象或子对象上。仅这种操作方法可以给三维对象的子对象应用材质。

2）鼠标左键单击。先打开“材质浏览器”，再选中三维对象，然后在“材质浏览器”的材质样例预览区或库详细信息区找到要应用的材质，在其上单击鼠标左键，材质将应用到三维对象上。

3）直接拖动。打开“材质浏览器”，从“材质浏览器”的材质样例预览区或库详细信息区找到要应用的材质，在其上按住鼠标左键将其拖动到三维对象上，材质将应用到三维对象上。这种操作不需要先选中三维对象。

2．使用工具选项板

（1）向工具选项板添加材质的方法

1）打开“材质浏览器”和“工具选项板”。

2）单击要添加材质工具的工具选项板的选项卡以将其激活，或者新建一个专门的材质选项卡。

3）在“材质浏览器”的材质样例预览区或库详细信息区选中材质样例，单击鼠标右键，从右键菜单中选择“添加到”子菜单的“活动的工具选项板”项；或者将材质样例从“材质浏览器”直接拖到工具选项板中。





注意　如果以后在“材质编辑器”中更改了材质的特性，工具选项板的材质工具不会自动更新。删除旧材质工具，再创建新材质工具。

（2）使用工具选项板将材质应用于对象

这又有几种操作方式：

1）打开工具选项板，单击具有材质的选项卡将其激活。将光标移动到工具选项板要应用的材质上，按住鼠标左键拖动到对象上，材质将应用到三维对象上。

2）也可以在工具选项板要应用的材质上单击，这时命令行连续提示“选择对象：”，选择对象完成后回车，材质将应用到三维对象上。

3）还可以在工具选项板要应用的材质上单击鼠标右键，从打开的右键菜单上选择“将材质应用到对象”，这时命令行连续提示“选择对象：”，选择对象完成后回车，材质应用到三维对象上。

如果当前图形中已经应用了工具选项板上的某种材质（例如材质为“红木-浅色着色无光泽实心”），在将该材质从工具选项板拖动到对象上（或在工具选项板的要应用的材质上单击）时，会出现如图 17-15 所示的“材质-已经存在”警告框。选择“将此材质另存为副本”，则将此材质的一个副本应用到三维对象上；同时，在“材质浏览器”的材质样例预览区也会添加该副本。选择“覆盖材质”，则将此材质应用到三维对象上。

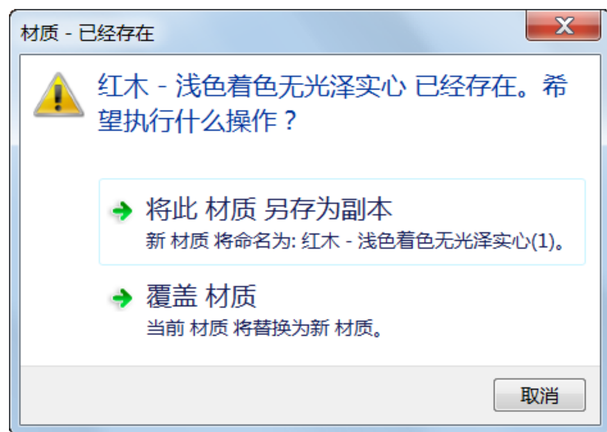


图 17-15 “材质-已经存在”警告框

17.4.2 从对象上删除材质

删除对象上的材质有两种方法：

1）从“材质浏览器”的材质样例预览区删除材质样例（参看“材质浏览器”的材质样

例预览区的右键菜单）。但这时会出现如图 17-16 的询问框，单击“是”按钮，材质将从当前图形中删除。

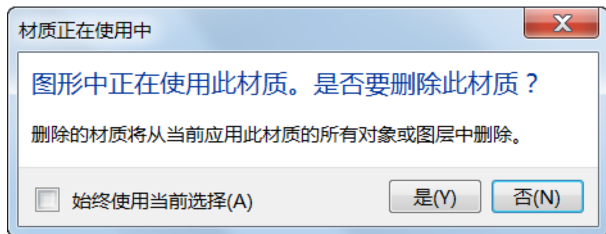


图 17-16 “材质正在使用中”询问框

2）在三维建模工作空间功能区“渲染”选项卡的“材质”面板上，单击材质▼，打开下拉列表，选择“删除材质”按钮，命令行提示：

选择对象：*用任何一种选择对象的方式选择对象*

……

选择对象或[放弃(U)]:

选择对象完成后，材质从对象上删除。

17.4.3 将材质应用于层

1. “materialattach”命令

使用命令“materialattach”可以将材质随层应用。命令的输入方式有：

- 命令：materialattach↙
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“材质”面板→材质▼→随层附着

命令输入后打开“材质附着选项”对话框，如图 17-17。



图 17-17 “材质附着选项”对话框

“材质附着选项”对话框的左边是材质列表，列出图形中所有已使用和未使用的材质。右边是图层列表，列出图形和应用到图形的所有外部参照中的所有图层。

从左边的材质列表中选中一个材质，按住鼠标左键拖动到右边图层列表中的一个图层上松开，该材质即被应用到该图层上的所有对象（即在该图层上创建的所有对象都使用这一材质）。并且该“材质”特性将设置为“BYLAYER”。创建对象时，“BYLAYER”是“材质”特性的默认设置。图层上“材质”特性设定为“BYLAYER”的所有对象均应用指定的材质。

将材质应用到图层后，该材质将显示在图层右边，同时最右边还有一个“拆离”按钮。单击“拆离”按钮，可从图层中删除材质。

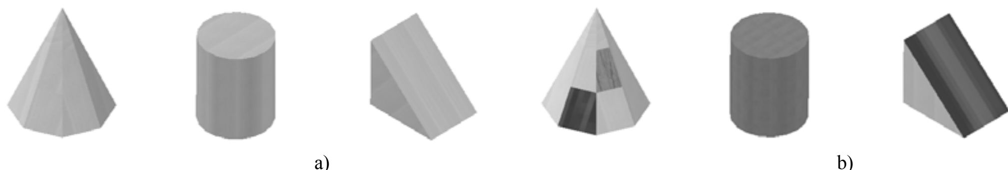


注意　如果更改外部参照中材质与图层的关联，则此更改不会保存回外部参照图形

2．材质应用到图层与材质应用于对象的关系

将材质应用到图层后，该图层上新创建的所有对象都使用这一材质，但还可以将其他材质应用于对象。也就是说，单独应用于对象的材质优先于图层上的材质。

图 17-18a 是图层 1 应用了材质“白蜡木”的效果，网格棱锥、实体圆柱、实体楔形体绘制在图层 1 上，因此他们都具有材质“白蜡木”。图 17-18b 是在此基础上，网格棱锥的两个面应用了“黄檀木”、“流木”，整个实体圆柱应用了“红木”，实体楔形体的斜面应用了“蛇木”的效果。



a)　　　　b)

图 17-18　图层应用材质与对象应用材质

a) 图层应用材质　b) 图层应用材质后对象再应用另外的材质

17.4.4 材质和纹理的显示

系统变量“VSMATERIALMODE”用于控制当前视口中材质的显示。

“VSMATERIALMODE”对应三维建模工作空间“渲染”选项卡“材质”面板的“材质/纹理开”下拉列表。单击该下拉列表，按表 17-4 取值。

表 17-4　“VSMATERIALMODE”的取值与效果

下拉列表选项	VSMATERIALMODE 的取值	效　果
材质/纹理关	0	不显示材质
材质开/纹理关	1	显示材质，不显示纹理
材质/纹理开	2	显示材质和纹理

关闭材质和纹理的显示，能够在执行无关操作时达到最高性能。关闭纹理的显示以修改材质，或能提升执行无关操作时的性能。


注意　输入系统变量“VSMATERIALMODE”的新值时，现有视觉样式不会更改。

17.5 贴图概述

指定给材质的图像称为贴图。可以使用贴图来改善材质的外观和真实感。因此，贴图是增加材质视觉复杂性的一种方式。包含一个或多个图像的材质称为贴图材质。

贴图可模拟纹理、反射、折射和其他效果。与材质一起使用时，贴图可添加细节而不会增加对象几何图形的复杂性。

17.5.1 使用贴图通道增加纹理真实感

材质编辑时，可使用多种贴图通道。贴图通道可以对材质的颜色指定纹理，纹理可以为材质增加细节真实感。

选择贴图通道后，可以使用任何图像贴图或一种程序贴图（例如木材和大理石等）。例如，要使一面墙看上去是由砖块砌成的，可以选择具有砖块图像的纹理贴图。也可以使用程序贴图，例如瓷砖或木材。程序贴图具有某些特性，用户可以调整这些以特性获得想要的效果。例如，砖块图案材质的砖块大小和砂浆间距或木材材质中木纹的间距等。

对材质添加的贴图可以缩放比例。图案可以平铺或旋转。

贴图也可以有其他用途。可以为同一材质使用多个贴图并可以创建嵌套贴图。

应用贴图后，可以使用材质贴图对其进行调整以使其适合面或对象。


注意　当打开“纹理压缩”时，打开包含材质和图像的图形时所需的视频内存量将减小。通过使用纹理压缩，可以减少显示图形所需的视频内存量，但是第一次访问图像时，图像的加载时间会增加。而且，图像在视口中显示或打印时，其质量会有所降低。创建渲染时，图像质量不会降低。

有以下几种贴图通道。

1．漫射贴图

漫射贴图为材质提供多种颜色的图案。在“材质编辑器”的材质特性设置区的“常规”栏设置漫射贴图。

可以选择将图像文件或程序贴图作为漫射贴图，为材质的漫射颜色指定图案或纹理。贴图的颜色将替换或局部替换材质辑器中的漫射颜色分量。

使用漫射贴图与在对象表面上绘制图像类似。这是最常用的一种贴图。

2．反射贴图

反射贴图模拟在有光泽对象的表面上反射的场景。在“材质编辑器”的材质特性设置区“反射率”设置反射贴图。

使用反射贴图可以模拟有光泽对象的表面上的反射效果。

为了使反射贴图获得较好的渲染效果，材质应有光泽，而且反射图像本身应具有较高的分辨率（至少 512×480 像素）。

3．透明贴图

透明贴图可以创建透明效果和不透明效果。在“材质编辑器”的材质特性设置区“透明度”设置透明贴图。

使用透明贴图通道可以指定透明区域和不透明区域。在图案背景下预览透明度可获得最佳效果。

4．剪切贴图

剪切贴图可以使材质部分透明。在“材质编辑器”的材质特性设置区“剪切”设置剪切贴图。可选择图像文件和程序贴图用于剪切贴图。设置剪切贴图后透明区域是完全透明的。

当使用透明度实现磨砂或半透明效果时，将保持反射率。除了使材质采用特定形状或图案外，还可使用剪切。剪切区域不反射。

5．自发光贴图

自发光贴图可以使对象的某些部分看上去似乎在发光。在“材质编辑器”的材质特性设置区“自发光”设置自发光贴图。

贴图的白色区域渲染为完全自发光。黑色区域不使用自发光进行渲染。根据灰度值，灰色区域渲染为部分自发光。自发光表示发光区域不受图形中灯光的影响（其环境色构件消失），且不接收阴影。

6．凹凸贴图

凹凸贴图可以模拟起伏的或不规则的表面。在“材质编辑器”的材质特性设置区“凹凸”设置凹凸贴图。

可以选择图像文件或程序贴图来用于贴图。凹凸贴图使对象看起来具有起伏的或不规则的表面。使用凹凸贴图材质渲染对象时，贴图的较浅（较白）区域看起来升高，而较深（较黑）区域看起来降低。如果图像是彩色图像，将使用每种颜色的灰度值。凹凸贴图会显著增加渲染时间，但会增加真实感。

要去除表面的平滑度或创建凸雕外观时，则可以使用凹凸贴图。但是，请记住，凹凸贴图的深度效果是有限的，因为它不影响对象的轮廓且无法自投阴影。如果要获得表面中的最大深度，则应使用建模技术。凹凸是由凸出面法向在渲染对象之前创建的模拟。因此，凹凸不显示在凹凸贴图对象的轮廓上。

凹凸贴图滑块可以调整凹凸的程度。越高的值渲染时凸出得越高，负值渲染时会凹下。

17.5.2 贴图类型

可以在每个贴图通道（“漫射”、“反射率”、“透明度”、“剪切”、“自发光”和“凹凸”）中选择图像贴图或程序贴图，以增加材质的复杂性。

每种贴图类型都有其特定的贴图控件集（显示在“纹理编辑器”中）。在每个贴图通道内，可以控制设置，例如编辑贴图、删除贴图等。

1．图像贴图

可以在每个贴图通道（“漫射”、“反射率”、“透明度”、“裁切”、“自发光”和“凹凸”）中选择图像文件作为纹理贴图（纹理贴图：使用图像文件作为贴图），以增加材质的复杂性。可以使用以下图像文件类型创建纹理贴图：

.BMP、.RLE、.DIB、.GIF、.JFIF、.JPG、.JPEG、.PCX 、.PNG、.TGA、.TIFF

2．程序贴图

程序贴图进一步增加了材质的真实感。程序贴图与位图图像不同，后者由带有颜色的像素的固定矩阵生成，而前者由数学算法生成。因此，用于程序贴图的控件类型根据程序的功能而变化。程序贴图可以以二维或三维方式生成。也可以在其他程序贴图中嵌套纹理贴图或程序贴图，以增加材质的深度和复杂性。程序贴图包括：

1）棋盘格：将双色方格形图案应用到材质。默认的方格贴图是黑白方块的图案，样例如图 17-19 所示。组件方格可以是颜色，也可以是贴图。可以在样例预览中预览此贴图。

2）渐变色：使用颜色和混合创建渐变。使用渐变程序贴图可以创建高度自定义的渐变。渐变使用多种颜色创建从一种到另一种的着色或延伸。样例如图 17-20 所示。

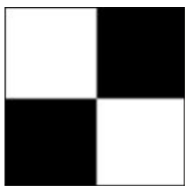


图 17-19　程序贴图□棋盘格

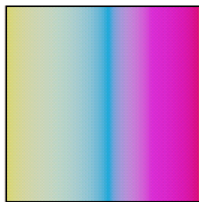


图 17-20　程序贴图□渐变色

3）大理石：应用石质和纹理颜色图案。可以使用大理石贴图来指定石质和纹理颜色。可以修改纹理间距和纹理宽度。样例如图 17-21 所示。

4）噪波：根据两种颜色、纹理贴图或两者组合的交互创建曲面的随机扰动。可以使用噪波来减少位图和平铺的重复性。噪波程序贴图使用两种颜色，子程序贴图或两者的组合以创建随机图案。样例如图 17-22 所示。



图 17-21　程序贴图□大理石

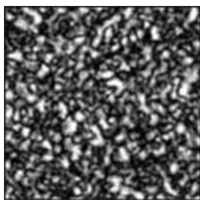


图 17-22　程序贴图□噪波

5）斑点：生成带斑点的曲面图案。斑点贴图对于漫射贴图和凹凸贴图创建类似于花岗岩和其他带图案的曲面十分有用。样例如图 17-23 所示。

6）瓷砖（平铺）：应用砖块、颜色的堆叠平铺或材质贴图的堆叠平铺。使用“平铺”可以应用图像并使图像作为图案重复显示。“材质浏览器”提供了通常定义的建筑砖块图案，可以在“材质编辑器”中选择和修改这些图案。样例如图 17-24 所示。

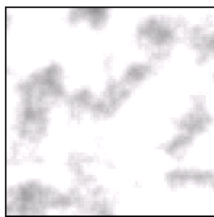


图 17-23　程序贴图□斑点

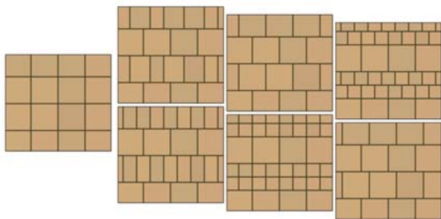


图 17-24　程序贴图□瓷砖

7）波浪：模拟水状或波状效果。可以使用凹凸贴图来模拟水体表面。波浪贴图生成许多球面波的中心并将他们随机分布在球体上。用户可以控制波浪集的数量、振幅和波浪的速度。此贴图所产生的效果与同时使用漫射贴图和凹凸贴图的效果相同，或与不透明贴图组合时产生的效果相同。样例如图 17-25 所示。



8）木材：创建木材的颜色和颗粒图案。使用木材贴图创建木材的真实颜色和颗粒特性。样例如图 17-26。

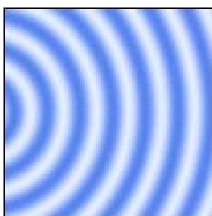


图 17-25 程序贴图□波

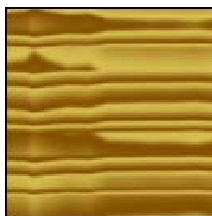


图 17-26 程序贴图——木材

17.6 修改贴图特性

通过“纹理编辑器”可以修改贴图特性以创建复杂图案。“纹理编辑器”上显示的贴图特性设置取决于选定的贴图类型。

“纹理编辑器”是一种无模式检验器面板，可用于修改纹理特性。在“材质编辑器”中的各个贴图通道中，单击程序贴图纹理或基于图像贴图的纹理样例时将显示“纹理编辑器”。

“纹理编辑器”的上面部分是纹理样例的预览，对贴图特性所做的任何更改都将反映在该预览中。为了准确操纵纹理，可以放大或缩小图像预览。

“纹理编辑器”的下面部分是纹理编辑区。纹理编辑区随材质类型的不同而不同。图 17-27 是在“材质编辑器”的“常规”栏选择“图像”作为材质的基本漫射颜色贴图时，“纹理编辑器”的内容。

对于在“材质编辑器”的“常规”栏选择程序贴图时“纹理编辑器”的操作，读者可参考上述过程。对于“纹理编辑器”的编辑区的内容，可使用气泡帮助功能，即将光标悬停在某特性上，会出现气泡提示。

1. “图像”栏

用于编辑基于图像的纹理。如果编辑基于程序贴图纹理，这一栏不是“图像”，而是“外观”。

1）亮度：将光标移动到“亮度”滑条上，光标变为双向箭头，按住鼠标左键移动光标，即可改变亮度。也可以在右边的数字框中直接输入亮度值（介于 0～100 之间）。

2）“反转图像”复选框：选中该框，将反转纹理贴图的浅色和深色区域。

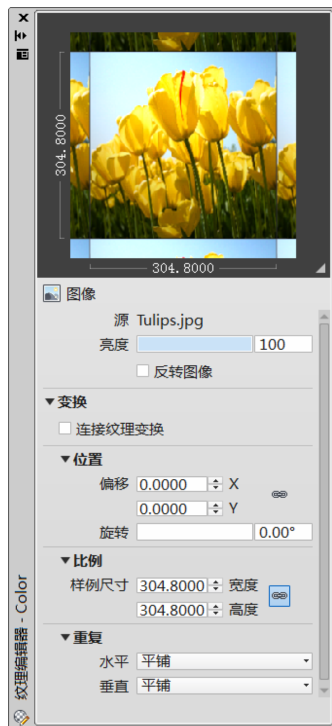


图 17-27 纹理编辑器

2.“变换”栏

单击收缩箭头▶和展开箭头▼，将展开或收缩变换的各项。图 17-27 是都展开时的效果。

1）“连接纹理变换”复选框：选中该框，对该属性的“位置”、“比例”、“重复”所作的更改将传播到该材质中使用某种纹理的其他属性。

可链接属性是由于同步操作已在内容设计中确认的同种类型的特定属性。旋转是可链接属性的一个示例。如果启用“连接纹理变换”，将发布所有纹理套接字之间的所有可链接属性的编辑。如果禁用该设置，编辑仅影响在其中进行编辑的特定纹理套接字。链接的特性（例如，“偏移：X、Y”和“样例尺寸：宽度、高度”）与可链接属性的概念不相关。



套接字：多个 TCP 连接或多个应用程序进程可能需要通过同一个 TCP 协议端口传输数据。为了区别不同的应用程序进程和连接，许多计算机操作系统为应用程序与 TCP／IP 协议交互提供了称为套接字（Socket）的接口。套接字是应用程序用于唯一的标识一个通信端点的标识。用户可通过将套接字地址与套接字关联来关联协议地址与套接字。）

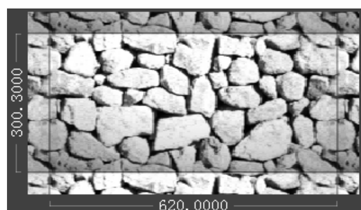
“位置”、“比例”和“重复”是在各种纹理套接字中使用的三种标准变换。表 17-5 指出了其中存在可链接属性的纹理类型（图像和程序纹理）：

表 17-5　存在可链接属性的纹理类型

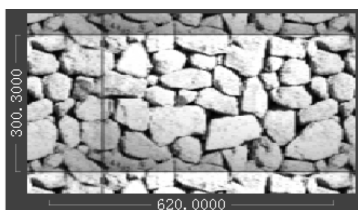
纹理类型	位　置	比　例	重　复
图像	是	是	是
平铺	是	是	是
渐变	是	是	是
方格	是	是	是
噪波	是	否	否
波浪	是	否	否
木材	是	否	否
斑点	是	否	否
大理石	是	否	否

2）位置：每张贴图都有自己的材质偏移和旋转系数。通过偏移可以控制样例中材质的坐标。通过改变旋转系数旋转图像。对这些设置进行更改时，将在“纹理编辑器”的样例预览中实时显示。

偏移：沿 X（Y，或 Z）轴偏移纹理贴图的起点。可在文本框中直接输入偏移，也可单击右侧增减按钮改变。按钮用于🔗锁定 X 和 Y 的偏移相同。图 17-28 是偏移前后的效果。



a)



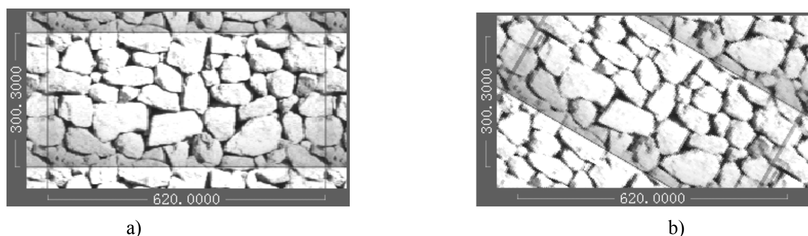
b)

图 17-28　偏移贴图

a) 偏移前　b) 偏移后

旋转：将纹理贴图绕 X（Y，或 Z）轴旋转一个角度。将光标移动到“旋转”滑条上，光标变为双向箭头，按住鼠标左键移动光标，即可改变角度。也可以在右边的数字框中直接输入角度值（介于 0°～360°之间）。图 17-29 是旋转前后的效果。



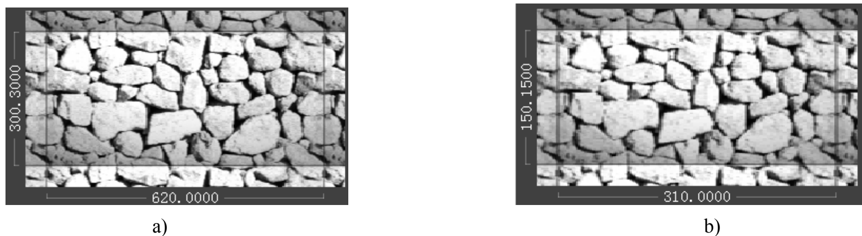


a) b)

图 17-29 旋转贴图

a) 旋转前 b) 旋转后

3）比例：改变纹理样例的水平或垂直缩放比例。可以指定真实世界单位以用于比例缩放。可在文本框中直接输入样例尺寸，也可单击右侧增减按钮改变样例尺寸。按钮用于锁定纵横比。图 17-30 是缩小后的效果，注意图左侧和下面的数字变化。



a) b)

图 17-30 比例贴图

a) 缩小前 b) 缩小后

4）重复：对材质进行平铺或镜像以创建图案，沿 X（Y）轴调整纹理贴图的平铺（相邻图像是前一张的重复）。单击下拉列表，可从中选择“无”、“平铺”或“镜像”。

无：贴图不在材质内平铺。

平铺：平铺使用贴图图像覆盖选定对象，且图像作为图案重复显示。此效果用于表示瓷砖铺设的地板或喷泉等。

在默认贴图中，平铺处于活动状态。由于对该贴图进行了缩放以适合对象尺寸，因此有时需偏移 X、Y 坐标或旋转贴图才能看到平铺效果。曲面上图像的移出部分将由贴图的其他部分填充。图 17-31 是平铺前后的效果。



a) b)

图 17-31 平铺贴图

a) 没有平铺 b) 平铺

镜像：贴图在材质内平铺，但每一平铺都是相邻平铺的镜像。与平铺相同，可以在 X 轴方向或 Y 轴方向中进行镜像，也可以在二者中同时进行镜像。图 17-32 是镜像后的效果。

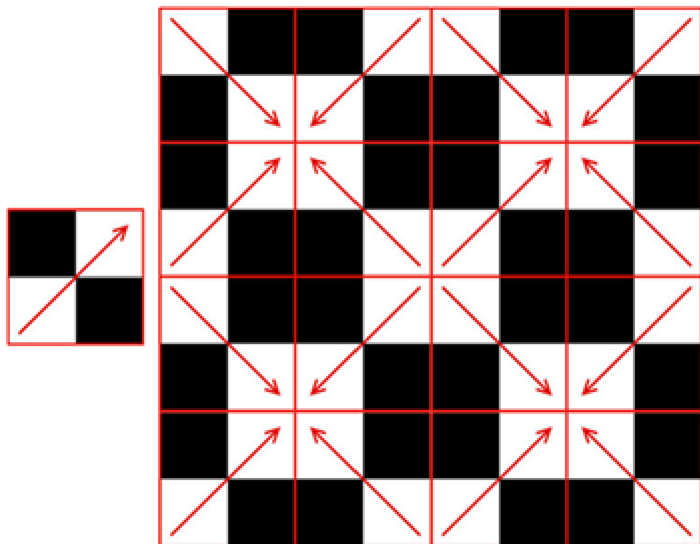


图 17-32　镜像贴图

17.7　调整对象和面上的贴图

在将材质应用于对象时，应选择合适的材质贴图类型，以适应对象的形状。在应用材质后，还可以调整对象或面上的纹理贴图的方向，使之更加适合对象。

17.7.1　材质贴图方式

先创建两个材质用以说明贴图方式。

用“材质编辑器”创建新材质“q1”，如图 17-33 所示，其过程是：

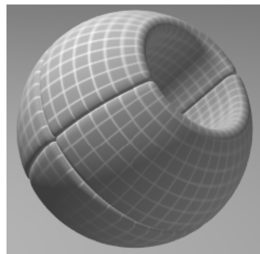


图 17-33　新材质“q1”

1）创建新材质。在“材质编辑器”中单击“创建或复制材质”按钮，从打开的菜单中选择“通用”，然后新材质名改为“q1”；在“常规”栏里，“颜色”选择“按对象着色”，“图像”选择程序贴图“平铺”。

2）编辑“平铺”纹理。在“纹理编辑器”中，从“瓷砖外观”选择合适的“瓷砖颜色”；从“砖缝外观”选择合适的“砖缝颜色”；从“变换”中调整“比例”为 2。

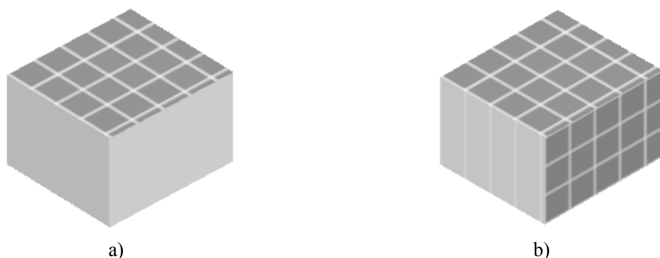
再用“材质编辑器”创建新材质“q2”，其过程是：

在“材质编辑器”中当前材质是“q1”时，单击“创建或复制材质”按钮，从打开的菜单中选择“复制”，然后将新材质名改为“q2”；除了在“纹理编辑器”的“变换”中调整“比例”为 0.25 外，其余同“q1”一样。

下面以材质“q1”、“q2”为例，说明材质贴图方式。

1．平面贴图

将图像贴图到对象上，就像将其从幻灯片投影仪投影到二维曲面上一样。图像不会因投影方向而失真，但如果投影到曲线式曲面上并从侧面查看，则会失真。该贴图最常用于面。图 17-34a 是以平面贴图方式将“q1”应用于长方体的一个面的效果，图 17-34b 是以平面贴图方式将“q1”应用于长方体的两个面的效果。



a)　　b)

图 17-34　平面贴图

a）“q1”应用于长方体的一个面　b）“q1”应用于长方体的两个面

2．长方体贴图

将图像贴图到类似长方体的实体上。该图像将在对象的每个面上重复使用。图 17-35 是以长方体贴图方式将“q1”应用于长方体的效果。

3．球面贴图

将图像贴图到球面对象上。纹理贴图的顶边在球体的“北极”压缩为一个点。同样，底边在“南极”压缩为一个点。图 17-36 是以球面贴图方式将“q2”应用于球体的效果。

4．柱面贴图

将图像贴图到柱面对象上；水平边将折绕在一起，而顶部和底部的边不会折绕在一起。图 17-37 是以柱面贴图方式将“q1”应用于圆柱体的效果。

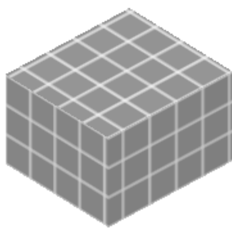


图 17-35　长方体贴图

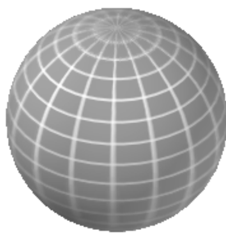


图 17-36　球面贴图

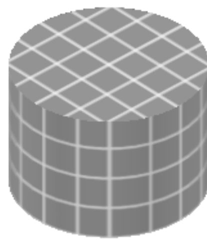


图 17-37　柱面贴图

17.7.2 贴图工具

在实际应用材质时，AutoCAD 默认的贴图方式是平面贴图。如果需要将其他的材质贴图方式应用到对象，可使用“MaterialMap”命令改变贴图方式。如果需要做进一步调整，还可应用显示在对象上的贴图工具，移动或旋转对象上的贴图，调整对象或面上贴图的纹理方向等。

MaterialMap 命令的输入方式有：

- 命令：MaterialMap ↙
- 工具栏：贴图工具栏的任一按钮；渲染工具栏子工具栏的任一按钮
- 下拉菜单：视图(V)→渲染(E)→贴图(A)→平面贴图(P)（长方体贴图(B)、柱面贴图(C)或球面贴图(S)）

功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“材质”面板→“材质贴图”下拉菜单

命令输入后命令行的主提示为：

选择选项[长方体(B)/平面(P)/球面(S)/柱面(C)/复制贴图至(Y)/重置贴图(R)]<长方体>: *输入选项关键字回车或直接回车选择默认项（如果直接选择菜单或单击工具栏按钮，则将直接选择贴图方式）*

1．对主提示输入“B”、“P”、“S”、“C”之一后回车

其作用是分别采用长方体贴图、平面贴图、球面贴图和柱面贴图。接下来提示：

选择面或对象: *用选择对象的任一种方式选择至少包含以下对象类型之一：三维实体、三维曲面、面或具有厚度的二维对象*

……

选择面或对象: ↙

接受贴图 或 [移动(M)/旋转(R)/重置(T)/切换贴图模式(W)]: *此时贴图方式已经附着到对象或面，对象上出现贴图工具，输入选项关键字回车或直接回车接受当前的贴图方式*

各选项的意义如下。

移动(M)：显示“移动”贴图工具以移动贴图。

旋转(R)：显示“旋转”贴图工具以旋转贴图。

重置(T)：将改变后的贴图坐标及贴图工具重置为贴图的默认坐标和大小。

切换贴图模式(W)：重新显示主提示。

贴图工具的小控件与 5.4 节介绍的小控件都是使用鼠标快速地选择一个或两个轴的视口工具。将鼠标放置在贴图小控件的任一个轴上单击鼠标左键，然后移动鼠标，贴图即沿该轴移动或旋转。移动时，还可以单击两轴之间的区域同时沿两条轴所决定的平面移动。

下面以球体的长方体贴图为例说明贴图工具的使用方法（注：一般球体应采用球面贴图，这里只是为了举例方便才这样做）：

首先创建材质：在“材质编辑器”中单击“创建或复制材质”按钮，从打开的菜单中选择“通用”，然后新材质，将材质名改为“aa”；在“常规”栏里，“图像”选择如图 17-38 的图片“郁金香”，则创建的新材质“aa”如图 17-39 所示。将“aa”应用于球体，效果如图 17-40 所示。



图 17-38　图片“郁金香”

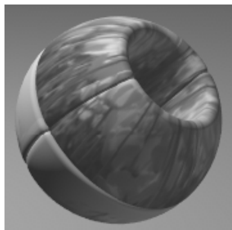


图 17-39　新材质“aa”

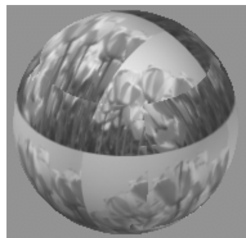


图 17-40　“aa”应用于球体

用单击按钮的方法采用长方体贴图，选择球体后，移动贴图工具如图 17-41 所示，旋转贴图工具如图 17-42 所示。

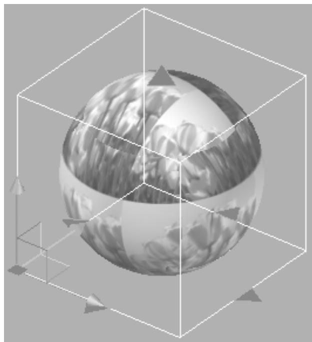


图 17-41　移动贴图工具

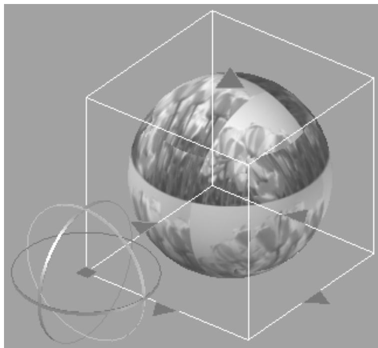


图 17-42　旋转贴图工具

如果移动贴图，把光标移到红、绿、蓝轴之一上，轴变为黄色，同时会出现一条直线（分别为红、绿、蓝色），单击鼠标左键，然后移动光标，贴图工具及贴图会沿直线移动，到合适的位置单击左键，贴图移动完成。如果要随意移动贴图工具，把光标移到红、绿、蓝轴之间表示其互相垂直的细线上，两个轴及细线间区域变为黄色，单击鼠标左键，然后移动光标，贴图工具随鼠标移动，到合适的位置单击左键，贴图移动完成。

如果旋转贴图，把光标移到红、绿、蓝环之一上，环变为黄色，同时会出现一条直线（分别为红、绿、蓝色），单击鼠标左键，然后移动光标，贴图工具及贴图会绕直线转动，到合适的位置单击左键，贴图旋转完成。

如果单击贴图工具的矩形框顶面上的夹点，然后上下移动光标，可改变矩形框的高度，且贴图在上下方向拉长或压缩。如果单击贴图工具的矩形框底面上的四个夹点之一，然后移动光标，则可在夹点所指方向改变矩形框，且贴图拉伸或压缩。



单击各类贴图工具上的夹点，然后移动光标，贴图不一定变化。

移动贴图工具和旋转贴图工具可随时转换，只要在贴图工具上单击鼠标右键，从打开的右键菜单中选择即可。也可以从右键菜单中选择将贴图工具重置。

2．对主提示输入“Y”回车

其作用是复制贴图，即将贴图方式从原始对象或面应用到选定对象。通过此操作，可以轻松复制纹理贴图以及对其他对象所做的所有调整。接下来命令行提示：

选择面或对象：*选择将复制贴图方式的原始对象或面*

选择要向其复制贴图的对象：*选择将被复制贴图方式的对象或面*

选择面或对象：

……

选择面或对象：↙

图 17-43 是将材质 aa 应用于圆柱，且采用柱面贴图的效果。图 17-44 是将 Autodesk 库

中的织物材质“格子花呢 1”应用于长方体，且采用长方体贴图的效果。图 17-45 是将圆柱的柱面贴图复制到长方体的效果。

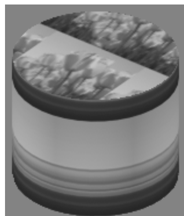


图 17-43 圆柱采用柱面贴图

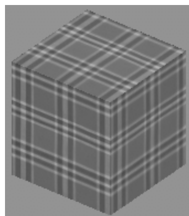


图 17-44 长方体采用长方体贴图

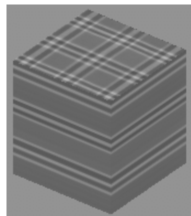


图 17-45 圆柱的柱面贴图复制到长方体

3．对主提示输入“R”回车

其作用是重置贴图，即将改变后的贴图坐标及贴图工具重置为贴图的默认坐标和大小。该选项可恢复先前通过贴图工具对贴图的移动、旋转及贴图方式的改变。接下来命令行提示：

选择面或对象：*选择要重置的对象或面*

……

选择面或对象：↙



第 18 章 渲 染

创建三维图形，不但需要准确的建模，有时也可能需要具有真实感的图像（例如验证设计或提交最终设计的时候），这就需要对三维模型进行渲染。

模型的真实感渲染是基于三维场景来创建二维图像。使用了光源、材质和环境设置（例如背景和雾化）后的三维模型，经过渲染可得到色彩丰富、具有透视效果的真实图像，从而使三维模型的设计视觉效果更佳。

渲染过程由 AutoCAD 的渲染器完成的。渲染器可以生成真实准确的模拟光照效果，包括光线跟踪反射和折射以及全局照明等。

18.1 渲染基础

模型的建立方式对于优化渲染性能和图像质量来说非常重要。本节介绍三维模型渲染时用户需了解的内容。

18.1.1 了解面法线和隐藏曲面

为了尽量缩短渲染模型的时间，最常用的方法是删除隐藏曲面或隐藏位于相机之外的对象。此外，确保所有面法线朝向同一方向也可以加速渲染过程。

如图 18-1 所示，每一个建模曲面均由面组成。这些面为三角形或四边形，并且每个面都有向内和向外的侧面。面的方向由称为法线的矢量定义。法线的方向指示面的前表面或外表面。

当法线统一指向同一向外的方向时，渲染器将处理每个面并渲染模型。如果对任意法线进行了翻转（即方向向内），则渲染器将跳过这些法线，并在渲染图像中留下三角形或四边形的“孔”。

所以，在渲染后观察到孔的实例中，通常表示存在以下两种情况之一：“高级渲染设置”选项板“常规”面板中“材质”栏的“强制双面”被关闭（参看 18.3 节），或者模型中本来就缺少该面。

如果确实缺少面，则需要手动重新构造面。

如果法线方向不正确，就要改变绘制面的方式。法线的方向由右手坐标系中绘制面的方式确定：如果以逆时针方向绘制面，则法线向外，如图 18-2 所示；如果以顺时针方向绘制面，则法线向内。应该以固定不变的方式绘制面。

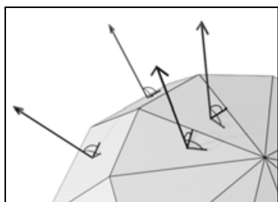


图 18-1 建模曲面的面和面法线

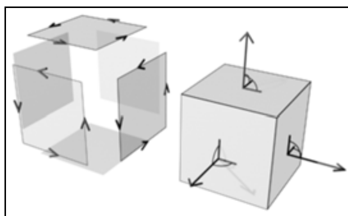
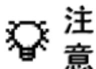


图 18-2 右手坐标系中以逆时针方向绘制面，法线向外


注意　实体对象的网格和法线都有正确的方向，这对创建要渲染的模型会有所帮助。

渲染时，渲染器将搜索所有指向远离视点方向的法线，并从场景中删除相关的面。此删除步骤称为后向面剔除，由“渲染设置”选项板中的“强制双面”选项控制。

删除后向面之后，渲染器用一个 Z 缓冲区比较对象沿 Z 轴的相对距离。如果 Z 缓冲区指明一个面遮挡了另一个面，则渲染器会消除隐藏的面。

消除的面在总面数中占的比例越大，节省的时间越多。

有时可能希望跳过后向面剔除这一步骤而保留后向面（例如，当对象透明时，由于对象的形状或方向而可以看到其两侧时，或者可以看到其内部的视角渲染开口对象时）。透明度也会影响到一个面是否应该隐藏另一个面。在这种情况下，应确保已激活“强制双面”，并且无论面的法线指向哪个方向，均应对所有的面进行渲染。

如果正在渲染一个创建时并不想对其进行渲染的图形或通过其他产品创建的图形，则应使“强制双面”保持激活状态。这样会确保正确渲染所有的面。激活“强制双面”时渲染性能仅受轻微影响。

渲染器将对场景中的每个对象进行处理（包括那些位于“相机之外”并且不会出现在渲染视图中的对象）。良好的图层管理对于为渲染目的而建立的模型有好处。通过关闭包含不在视图中的对象的图层，可以显著提高渲染速度。

18.1.2 最小化交叉的面和共面的面

某些类型的几何图形会出现一些特殊的渲染问题。

对象的复杂程度与其顶点和面的数量有关。模型的面越多，渲染时花费的时间也越多。保持图形中的几何结构简单可减少渲染花费的时间。应使用最少的面来描述一个曲面。

1. 相交面

当两个对象互相横穿时，就产生了模型中的相交面。如果两个对象是相互独立的，在两个对象相交处创建的边可能较粗糙，如图 18-3a 所示；但如果对两对象执行布尔运算—并集，显示可以更清晰一些，如图 18-3b 所示。



图 18-3　相交面的处理

a) 两个对象相互独立的相交边　b) 两对象并集后的相交边

当边看上去没有希望的那么精确时，应使用布尔运算（例如并集、交集和差集）。更清晰精确的边可以更好地反映对象的外观。

2．共面的面

重叠和位于同一平面上的面（共面的面）会产生难以确定的结果，特别是对两个面应用的材质不同时。如图 18-4 所示，两个对象分别应用了 Autodesk 材质库中的“表面处理”类的材质“聚氨酯 1”和“木材”类的材质“柚木”，且有两个面共面。

当对象的各面处于同一位置时假象出现。移动一个对象使其各面与其他对象不再位于同一平面内即可解决此问题。

3．扭曲的面

由于 180 度扭曲造成自身重叠的面也会产生难以确定的结果，因为该面的法线不容易定义。在图 18-5 中，点没有按逆时针方向顺序放置他们，面由于穿过第二个和第三个角点而被扭曲，在发生扭曲的地方出现了假象。

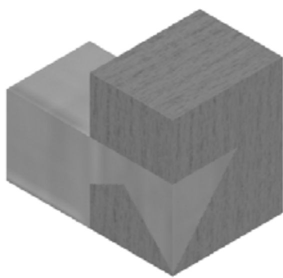


图 18-4 共面的面

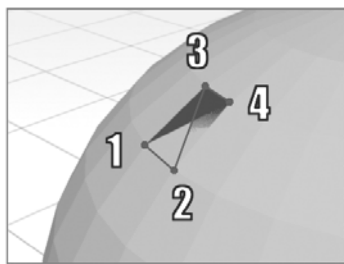


图 18-5 扭曲的面

尝试固定其表面带孔的模型时通常会遇到此问题。例如，当为新面选择角点时，将穿过这些点而没有绕该孔以逆时针方向放置他们。以正确的顺序选择角点即可避免此问题。

18.1.3 平衡平滑几何图形的网格密度

渲染模型时，网格的密度将影响曲面的平滑度。

网格部件由顶点、面、多边形和边组成。

顶点是组成面或多边形角点的点。

面是曲面对象的三角形部分。

多边形是曲面对象的四边形部分。

边是面或多边形的边界。

在图形中，除将多面网格中的面看做邻接三角形以外，其他所有的面都有三个顶点。为了渲染，可以将每个四边形的面都看成是一对共享一条边的三角形的面。

渲染器自动进行对象的平滑操作。渲染过程中将出现两种类型的平滑操作。一种平滑操作是跨曲面内插面法线。另一种操作考虑了组成几何图形的面的数量（面计数）；面计数越大，曲面就越平滑，但是处理时间会越长。

虽然用户无法控制面法线的插值，但是可以使用“viewres”命令和“FACETRES”系统变量控制曲线型对象的显示精度。

1．控制圆和圆弧的显示

命令“viewres”使用短直线段控制圆、圆弧、样条曲线和圆弧式多段线的外观。短直线段数目越大，圆或圆弧的外观越平滑，但重新生成的时间也越长。在绘图时，为了改善性能，可先将“viewres”的值设置得低一些，待完成图形，再将其设置高一些。

命令“viewres”从命令行输入，此时命令行提示：

是否需要快速缩放？[是(Y)/否(N)] <Y>: *输入“Y”、“N”之一回车 或 直接回车*

输入圆的缩放百分比 (1-20000) <当前值>: *输入 1～20000 之间的一个值回车*

图 18-6 是样条曲线、圆弧和圆分别在缩放百分比为 20 和 300 时的显示效果。



图 18-6　命令“viewres”对圆、圆弧、样条曲线的影响

a) 缩放百分比为 20　b) 缩放百分比为 300

从命令行修改“viewres”的值与在“选项”对话框“显示”选项卡“显示精度”栏的“圆弧和圆的平滑度”框中操作的效果一样。

2．控制曲线型实体的显示

系统变量“FACETRES”的值控制网格密度以及着色和渲染曲线型实体的平滑度。在图 18-7 中，当“FACETRES”的值较低时（如该值为 0.25），曲线型几何图形上将显示镶嵌面；“FACETRES”的值越高时（如该值为 5），几何图形将显示得越平滑。“FACETRES”的默认值为 0.5，“FACETRES”的有效值范围为 0.01～10。

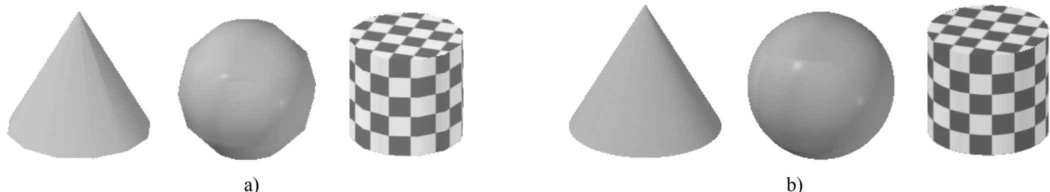


图 18-7　系统变量“FACETRES”对曲线型实体平滑度的影响

a) FACETRES = 0.25　b) FACETRES = 5

从命令行修改系统变量“FACETRES”的值与在“选项”对话框的“显示”选项卡的“显示精度”栏的“渲染对象的平滑度”框中改变一样。

增加和减少“viewres”值时，将影响由“viewres”和“FACETRES”共同控制的对象。增加和减少“FACETRES”的值，仅影响实体对象。

18.2　三维模型的渲染

可使用“render”命令随时渲染三维模型。在应用材质、添加光源或设置场景等后，可得到色彩丰富、效果逼真的渲染图像。若要得到真实照片级的渲染图像，须进一步设置。本节先介绍“render”命令，更高级的渲染设置在后面各节讲述，相关的内容可参考后面各节。

18.2.1　设定渲染目标

开始渲染之前，首先要确定渲染目标。所谓渲染目标，即选择是在当前视口进行渲染并

显示生成图像，还是在“渲染”窗口中进行渲染并显示生成图像。这在“高级渲染设置”选项板“常规”面板的“渲染描述”部分中设定（参看 18.3 节）。默认的设置为“窗口”。

渲染目标设定为“窗口”时，渲染器将自动打开“渲染”窗口，然后处理图像。完成后，将显示图像并创建一个历史记录条目。可以在“渲染”窗口中保存要保留的图像。



如果将渲染目标设定为“视口”，将直接在当前活动视口中渲染和显示生成的图像。这种渲染不会创建可与以后的图像相比较的渲染历史记录条目，因此这是一个一次性渲染。如果要保留已渲染到视口的图像，可以使用 saveimg 命令保存这些图像。渲染到视口始终以用户设定的绘图区域背景色为背景进行渲染。可使用重生成命令 regen 来刷新显示。

18.2.2 渲染命令

渲染命令“render”用于创建三维实体或曲面模型的真实照片级图像或真实着色图像。命令的输入方式有：

- 命令：render ↙
- 工具栏：渲染
- 下拉菜单：视图(V)→渲染(E)→渲染(R)
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→渲染

命令输入后，开始渲染过程，并在“渲染”窗口或视口中显示渲染图像。如果是在“渲染”窗口渲染，“渲染”窗口如图 18-8 所示。默认情况下，将渲染当前视图中的所有对象。如果未指定命名视图或相机视图，则将渲染当前视图。

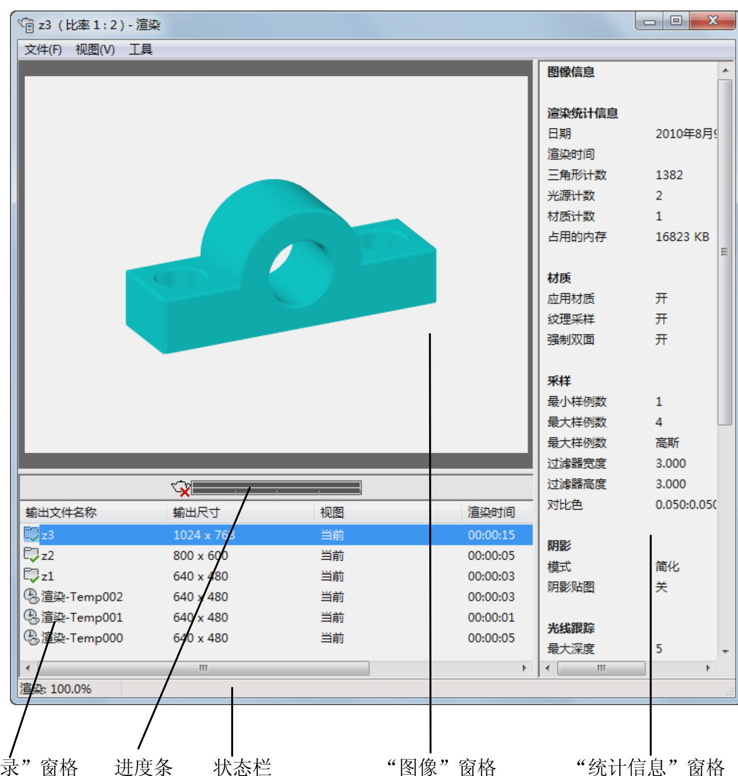


图 18-8 “渲染”窗口

在“渲染”窗口中，用户可执行的操作有：将图像保存为文件；将图像的副本保存为文件；查看用于当前渲染的设置；追踪模型的渲染历史记录；清理、删除或清理并删除渲染历史记录中的图像；放大或缩小渲染图像，平移图像。

“渲染”窗口有三个下拉菜单，三个窗格，进度条和状态栏，下面分别介绍。

1．“文件(F)”下拉菜单

由“文件(F)”下拉菜单保存渲染图像。

保存：可打开“渲染输出文件”对话框，通过此对话框可以将图像保存到磁盘。在对话框中选择保存位置后，从其“文件类型”下拉列表框中选择图像文件格式，从“文件名”文本框输入文件名保存渲染图像。

保存副本：也会打开“渲染输出文件”对话框，操作方式同“保存”，不同之处在于将图像副本保存到新位置，而不会影响其在当前条目中的存储位置。

退出：关闭“渲染”窗口。如果重新打开渲染窗口，将会保留过去的渲染历史记录。

2．“视图(V)”下拉菜单

由“视图(V)”下拉菜单显示组成“渲染”窗口的各个元素。

状态栏：在窗口中是否显示其状态栏。

统计信息窗格：在窗口中是否显示统计信息窗格。

3．“工具”下拉菜单

“工具”下拉菜单提供用于放大和缩小渲染图像的命令。

放大：放大“图像”窗格中的渲染结果。放大后，可以通过按住鼠标滚轮平移图像。

缩小：缩小“图像”窗格中的渲染结果。



如果鼠标带有滚轮，可以通过滚动滚轮来缩放或平移图像。

4．“图像”窗格

“图像”窗格是渲染器的主要输出目标，显示渲染图像。渲染过程中，当渲染器中的渲染色块可用时，“图像”窗格将逐渐显示这些渲染色块。渲染完成后，“图像”窗格将提供以下功能。

“滚动条”：如果图像大小不适合分配给“图像”窗格的空间，将在底部和右边显示水平滚动条和垂直滚动条，拖动滚动条将平移图像。在“图像”窗格中按住鼠标滚轮将显示手形图标，拖动光标将平移图像。

“缩放比例”：开始时将选择较小的缩放比例，以使图像大小适合“图像”窗格。缩放比例为二次幂形式，范围介于 1∶64～64∶1 之间。向前或向后滚动鼠标滚轮可增大或缩小缩放比例。缩放比例（除 1:1 外）显示在“渲染”窗口的标题栏中。

5．进度条和状态栏

图像完成前将经历四个阶段：转换、光子发射、最终采集和渲染。转换阶段和渲染阶段始终会发生。光子发射阶段和最终采集阶段仅在启用这些选项时才发生。只有那些处于活动状态的阶段才会消耗处理时间。

进度条显示每个阶段的进度以及全局图像的渲染进度。进度条的上部条报告当前阶段的进度；下部条显示整个渲染过程的完成进度。

在三维建模功能区的“渲染”选项卡的“渲染”面板上也有“渲染进度”条，其作用与“渲染”窗口的进度条一样。

状态栏与进度条上部条显示相同的进度。

渲染中单击进度条左边的红色×图标或按〈Esc〉键可取消渲染过程。

6.“历史记录”窗格

“历史记录”窗格位于底部，提供当前模型的渲染图像的近期历史记录与进度条，以显示渲染进度。

渲染完成后，将在“历史记录”窗格中创建一个历史记录条目。每一次渲染，都会被添加到渲染历史记录中，从而使用户可以快速查看以前渲染所得的图像并对其进行比较，以查看哪幅图像具有期望的结果。渲染的最终目标是创建一个用户满意的真实照片级演示质量图像，而在此之前则需要创建许多渲染。

存储在历史记录条目中的数据包括：渲染的文件名和用于说明渲染类型的指示器；图像输出尺寸；正在渲染的视图名称（如果未使用命名视图，则视图名称为“当前”）；渲染时间（以时:分:秒格式测量）；用于渲染的渲染预设名称。所有具有文件名的历史记录条目都将被保存。

在历史记录条目上单击鼠标右键，打开右键菜单，如图 18-9 所示。

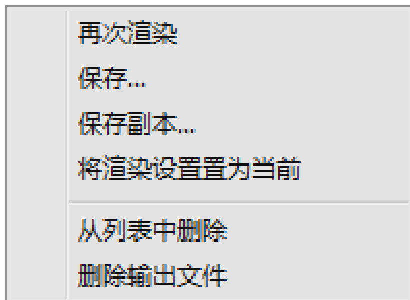


图 18-9 历史记录条目右键菜单

再次渲染：为选定的历史记录条目重新启动渲染器。

保存：和“文件(F)”菜单的相同菜单项一样。如果选择临时条目（-temp×××），则保存该条目可以将其转换为常规条目。

保存副本：和“文件(F)”菜单的相同菜单项一样。

将渲染设置置为当前：在多个历史记录条目使用不同渲染预设时加载与选定历史记录条目相关联的渲染设置。即将选中文件的渲染设置作为下一次渲染的设置。

从列表中删除：从历史记录中删除选中的条目，并从“图像”窗格中删除其渲染图像。

删除输出文件：仅在历史记录中的条目所对应的图像已经以图像文件保存到磁盘后，这一项才可用。选中该项，即从磁盘中删除输出文件，但该历史记录不会被删除，且仍在图像窗格中保留其图像文件。

7.“统计信息”窗格

“统计信息”窗格位于右侧，显示用于渲染的当前设置。用户可以从中查看有关渲染的详细信息以及创建图像时使用的渲染设置。该信息源自“渲染预设管理器”对话框（参看图 18-11）中所做的设置以及渲染时生成的信息。

18.2.3 打开渲染窗口命令

在三维建模功能区的“渲染”选项卡的“渲染”面板上，单击按钮 渲染 ，打开下拉菜单，选择 渲染窗口 ，相当于执行命令“renderwin”。如果图形包含渲染历史记录，执行该命令将显示“渲染”窗口，但不会启动当前图形的渲染。因此，当关闭“渲染”窗口以后，又想查看先前渲染的图像但又不需渲染当前图形时，可使用该命令。

18.3 高级渲染设置

为了得到各种更好的渲染效果，可对渲染进行高级设置。“高级渲染设置”选项板包含渲染器使用的所有主要控件。可以从预定义的渲染设置中选择，也可以采用自定义渲染设置。

可以对现有的标准渲染设置或自定义渲染设置进行更改。打开“高级渲染设置”选项板（如图 18-10 所示）的方式有：

- 命令：rpref ↙
- 工具栏：渲染
- 下拉菜单：视图(V)→渲染(E)→高级渲染设置(D)；工具(T)→选项板→高级渲染设置(A)
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→高级渲染设置

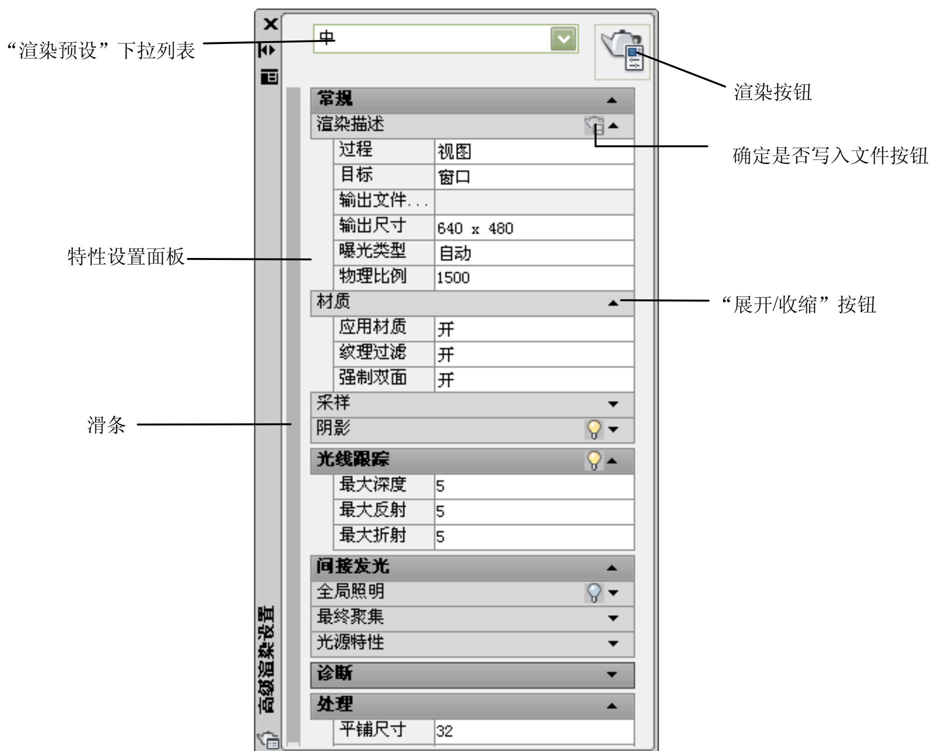


图 18-10 “高级渲染设置”选项板

“高级渲染设置”选项板分为从基本设置到高级设置的若干部分。“常规”部分包含了

影响模型的渲染方式、材质和阴影的处理方式以及反走样执行方式的设置（反走样可以削弱曲线或边在边界处的锯齿效果）。“光线跟踪”部分控制如何产生着色。“间接发光”部分用于控制光源特性、场景照明方式以及是否进行全局照明和最终聚集等。还可以使用“诊断”控件来帮助了解图像没有按照预期效果进行渲染的原因。



18.3.1 渲染预设

预先定义的渲染设置称为渲染预设。AutoCAD 有五个标准渲染预设：“草稿”、“低”、“中”、“高”、“演示”。

由于显示器上的图像由固定网格上的不连续像素组成，较低的分辨率会使斜线和曲线边显示锯齿效果。使用“草图”或“低”渲染预设会产生锯齿状的不精确图像。分辨率越高（像素越小），锯齿情况越少。使用反走样技术可进一步减少锯齿。渲染器使用的反走样技术称为采样。采样由“高级渲染设置”选项板上的样例和过滤器设置控制。

采样为每个渲染像素提供“最佳推测”颜色。渲染器首先采样像素内或沿像素边缘的某些位置的场景颜色，然后使用过滤器将这些样例结合到单一的像素颜色中。增加采样范围的最小值和最大值可以大大提高渲染的质量。

渲染效果提高意味着花费较多的渲染时间，有时需要用户权衡这两个方面。当然，这还部分取决于用户使用的硬件，部分取决于客户的需求。

标准渲染预设提供五种反走样级别，从草图质量（用于快速测试图像）到演示质量（提供真实照片级图像）。“草图”被设定为使用反走样的最低级别，但其渲染速度最快。每高一个级别，计算速度也会随之减慢。让程序来决定对给定像素进行多少次采样计算可以使反走样算法更加有效。

单击“渲染预设”下拉列表，初始下拉列表包括五个标准渲染预设“草稿”、“低”、“中”、“高”、“演示”，和“管理渲染预设…”。选择不同的标准渲染预设，可使渲染器产生不同质量的图像。选择“管理渲染预设…”，将打开“渲染预设管理器”，从中创建自定义预设。

1．“渲染预设”下拉列表

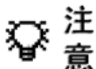
1）草稿：“草稿”是最低级别标准渲染预设，其中反走样被忽略且样例过滤很低，生成的渲染结果质量差，但生成速度最快，仅用于非常快速的测试渲染。

2）低：“低”渲染预设提供质量优于“草稿”预设的渲染。反走样被忽略但样例过滤得到改进。默认状态下，光线跟踪也处于活动状态，因此可出现质量较好的着色。

3）中：“中”渲染预设提供更好的样例过滤并且反走样处于活动状态。与“低”渲染预设相比，光线跟踪处于活动状态且反射深度设置增加。此预设提供了质量和渲染速度之间良好的平衡。

4）高：“高”在反走样方面与“中”预设设置相符，但改进了样例过滤和光线跟踪，因而渲染的图像需要更长的时间进行处理，但图像质量要好得多。

5）演示：“演示”用于最终渲染，此渲染预设的样例过滤和光线跟踪得到进一步改进，通常与全局照明设置一起使用。此预设花费的时间最长，但图像是高质量、真实照片级的。



注意　如果在下面的特性设置面板更改了以上标准渲染预设，该预设的名称前将出现一个星号，表示其原始设置已被更改。

6）管理渲染预设：如果用户选择“管理渲染预设…”，将打开“渲染预设管理器”，如图 18-11 所示。通过在命令行输入命令“renderpresets”，也可打开“渲染预设管理器”。

在“渲染预设管理器”中，可管理和组织现有的渲染预设，创建、更新或删除自定义渲染预设，设定渲染器使用的渲染预设。



图 18-11 “渲染预设管理器”对话框

① 树状图窗格：列出了所有与当前图形一起存储的渲染预设的树状图。渲染预设有两种类型——标准预设和自定义预设。如果用户创建了多个自定义预设，在树状图中选中预设并按住鼠标左键拖动，可以重新排列他们的次序。但不能重新排列标准渲染预设。创建新预设时，该预设被添加到“自定义渲染预设”分支。关闭“渲染预设管理器”，自定义预设将显示在“高级渲染设置”选项板的“渲染预设”下拉列表中。在应用某自定义预设后，该预设将显示在功能区“渲染”面板的“渲染预设”下拉列表中。

② 特性面板：如果在渲染树状窗格中选择“当前设置”，该面板除了没有“渲染描述”的内容，其余与“高级渲染设置”选项板上的特性设置面板一样。如果在渲染预设下拉列表中选择标准渲染预设或自定义渲染预设中的一个，特性面板会多出一栏“预设信息”，其余与没有“渲染描述”内容的“高级渲染设置”选项板上一样。相关内容参看 18.3.2 节。

“预设信息”栏：提供关于选定预设的基本信息。

名称：显示选定的渲染预设的名称。自定义预设可重新命名，标准预设不能。

说明：显示选定预设的说明。自定义预设可修改说明，标准预设不能。

缩略图图像：列出与选定预设关联的静止图像名称。单击其右侧按钮…，将打开“指定图像”对话框（标准文件选择对话框），从中可以浏览并为创建的预设选择缩略图图像

③“置为当前”按钮：选中一个渲染预设，单击该按钮使选中的预设作为渲染器要使用

的渲染预设。要使渲染器使用渲染预设管理器中的预设，必须单击“置为当前”按钮。否则，将使用在功能区的“渲染”面板或“高级渲染设置”选项板上选择的预设。

④“创建副本”按钮：创建用户自定义渲染预设。选中一个渲染预设，单击该按钮，将显示“复制渲染预设”对话框，输入名称或说明后返回“渲染预设管理器”对话框，同时在“自定义渲染预设”分支下创建一个新的自定义预设。接下来用户可在“渲染预设管理器”对话框的特性面板中对自定义渲染预设进行设置，而后单击“确定”按钮即可。初次创建用户自定义渲染预设通常使用标准预设作为基础，对其设置进行调整。



⑤“删除”按钮：选中一个自定义渲染预设，单击该按钮将其删除。不能删除标准预设。如果选择了标准预设，则“删除”按钮将处于非激活状态。

⑥ 缩略图查看器：显示与选定渲染预设关联的缩略图图像。没有关联的缩略图图像的渲染预设不显示。如果想显示缩略图图像，可以从“预设信息”栏下的“缩略图图像”设置中选择一个图像。

以上选择渲染预设的方法也可直接在三维建模功能区“渲染”选项卡“渲染”面板最上面的“渲染预设”下拉列表中进行。

2．“渲染质量”滑条

除了如上在“渲染预设”下拉列表中选择渲染预设设置渲染质量，还可在三维建模功能区“渲染”选项卡“渲染”面板上单击按钮 渲染 ▾ ，打开下拉菜单，将光标放在滑条 渲染质量 2 上，光标变为双向箭头，按住鼠标左键左右移动，渲染质量将显示从–3 到 5 的变化；也就是对同一预设，渲染质量有 9 个级别。所以选择渲染预设后，从“渲染质量”滑条选择不同的级别，也可改变渲染质量。从滑条上改变渲染质量，主要是改变采样的最小样例数或最大样例数（参看 18.3.2 节）。

3．“渲染”按钮

关闭“高级渲染设置”选项板，按选中的渲染预设直接从“高级渲染设置”选项板中渲染模型。

18.3.2 特性设置面板

1．常规

“常规”部分包含了影响模型的渲染方式、材质和阴影的处理方式以及反走样执行方式的设置。

1）渲染描述：设置渲染模型的方式。

①“确定是否写入文件”按钮：在下面的“过程”栏选择“视图”或“选定的”，并且在“目标”栏选择“窗口”，该按钮可用。通过单击该按钮确定是否将渲染图像写入磁盘文件。

在三维建模功能区的“渲染”选项卡的“渲染”面板上，也有按钮，这两个按钮的作用一样。

② 过程：设置渲染过程中处理的模型内容，即选择哪些对象渲染。单击右格，从下拉列表中选择“视图”、“修剪”和“选定的”之一。

a）“视图”：渲染当前整个视图。可在当前视口中渲染，也可在“渲染”窗口中渲染。

默认情况下，渲染过程为渲染图形内当前视图中的所有对象。如果当前图形包含命名视

图或相机视图，可以使用“view”命令将其显示为当前视图，再进行渲染。

b）“修剪”：在视口的一个区域内渲染当前视图的一部分。有时可能仅想渲染视口中的一部分对象及其周围环境，将渲染过程设置为“修剪”，即可在视口内指定较小的区域渲染，而忽略该区域外部的对象。渲染视图的较小部分时渲染速度较快。选择“修剪”后，单击“渲染”按钮后，命令行将提示：

拾取要渲染的修剪窗口：*输入一点*

请输入第二个点：*输入另一点*

输入的两点在图形中指定一个矩形区域，接下来开始渲染这个区域。“修剪”只能在视口中进行。选择了“修剪”后，下面的“目标”格必定是“视口”，即只有“目标”是“视口”时才能使用“修剪”。

在三维建模功能区“渲染”选项卡的“渲染”面板上，单击下拉菜单渲染，选择渲染面域，与在“过程”中选择“修剪”一样。

c）“选定的”：在视口内选择若干对象进行渲染。如果用户要为特定对象添加细节，但又不希望渲染整个视口而浪费时间，可选择渲染过程为“选定的”。渲染少数关键对象时渲染速度较快。选择“选定的”，单击“渲染”按钮后，命令行将重复提示：

选择对象：*用任何选择对象的方式选择对象*

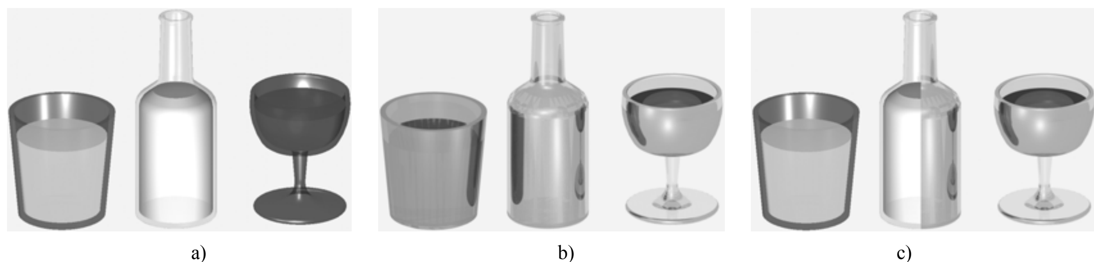
……

选择对象：↙

接下来开始渲染选定的对象。

在测试不同的材质（尤其是包含纹理贴图的材质）时，选择渲染过程为“选定的”非常有效。通过渲染选定的对象，可以快速验证材质的外观及确定是否有必要对其修改。

图 18-12 是透明的红色玻璃杯子、绿色玻璃瓶子和蓝色玻璃高脚杯，分别盛有半透明绿、蓝、红液体。图 18-12a 是未渲染的图像；图 18-12b 是选择“视图”渲染的图像；图 18-12c 是选择“修剪”，对右半区域在视口中渲染的图像。如果选择“选定的”渲染图像，渲染后只会显示选中的对象，其余均不显示。



a)　　b)　　c)

图 18-12　渲染对象的选择

a) 未渲染时　b) 选择“视图”渲染　c) 选择“修剪”渲染

③ 目标：确定在哪里渲染。单击右格，从下拉列表中选择“窗口”（在“渲染”窗口渲染）或“视口”（在当前视口渲染）。

④ 输出文件名称：在单击“确定是否写入文件”按钮，确定将渲染图像写入磁盘文件后，右格显示文件名和其存储位置。此时单击右格，出现按钮…，单击该按钮，将打开

“渲染输出文件”对话框，从中选择文件类型，指定文件名和存储位置。

在三维建模功能区“渲染”选项卡“渲染”面板上的按钮右侧，也显示输出文件名和其存储位置。在按钮可用，即在确定将渲染图像写入磁盘文件后，输出文件框的右侧按钮可用，单击该按钮，也将打开“渲染输出文件”对话框。

如果单击“渲染输出文件”对话框的“文件类型”下拉列表将显示下列可用的文件格式：

BMP（*.bmp）：以 Windows 位图格式表示的静止图像位图文件。

PCX（*.pcx）：PCX 文件是相对简单的文件，它使用运行长度编码（RLE）提供最小压缩。

TGA（*.tga）：支持 32 位真彩色的文件格式（即 24 位色加 Alpha 通道），通常用做真彩色格式。

TIF（*.tif）：TIF（标签图像文件）格式是一种多平台位图格式。如果要将输出发送至打印服务中心或将图像输入页面布局程序，均可以选择 TIF。

JPEG（*.jpg）：JPEG（.jpeg 或.jpg）文件遵循由 Joint Photography Experts Group 设定的标准。这些文件使用可变压缩方法，由于增加压缩时会损失图像质量，因此该方法也称为有损压缩。但是，JPEG 压缩方案具有极其出色的压缩能力，有时可以按最大压缩比 200∶1 压缩文件，而不会严重损失图像质量。因此，JPEG 是在 Internet 上发布图像文件的一种较受欢迎的格式，它可以使文件大小和下载时间最小化。

PNG（*.png）：PNG（便携网络图形）是为用于 Internet 和万维网所开发的静止图像文件格式。与 JPEG 文件中发生的质量损失不同，PNG 是可以生成无任何质量损失的压缩图像的格式。

在选择文件格式后，单击“渲染输出文件”对话框的“保存（S）”按钮，将打开与文件格式相对应的“×××图像选项”对话框。在其中进行必要的选择或设置后，单击其“确定”按钮，输出文件的文件类型确定。

⑤ 输出尺寸：显示渲染图像的当前输出分辨率设置。单击右格，可以从下拉列表中选择四种最常用的输出分辨率之一。如果选择“指定输出尺寸…”，将打开“输出尺寸”对话框，如图 18-13 所示，可在该对话框中自定义输出尺寸。可单击四个最常用的输出分辨率按钮之一，也可以选择在“宽度”、“高度”文本框中输入像素值或单击其右侧的增减按钮输入像素值（8～4096 之间的任意值）；如果单击按钮使其成为，将锁定图像宽高比，此时宽度和高度将联系在一起，更改其中一个时另一个将会自动更改，从而可以保持宽高比不变。用户最多可自定义四种尺寸。自定义尺寸将添加到“输出尺寸”下拉列表中。

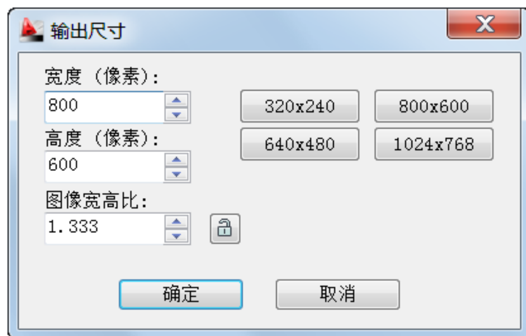


图 18-13 “输出尺寸”对话框

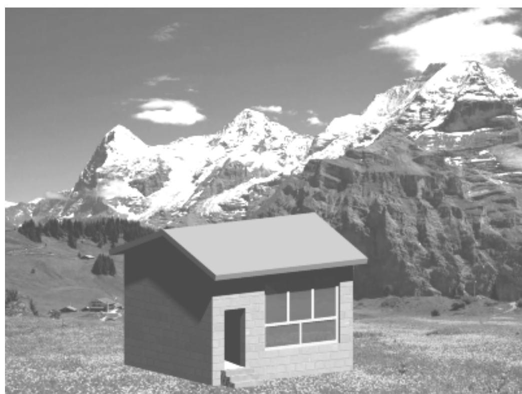
在三维建模功能区“渲染”选项卡的“渲染”面板上，单击长按钮 渲染▾ ，打开下拉菜单，选择“输出尺寸大小”，也将打开包括四种最常用的输出分辨率和“指定图像大小…”的下拉菜单，其选择或设置过程与上面所述一样。

在“高级渲染设置”选项板的“常规”面板的“输出尺寸”栏中设置的分辨率，与在功能区“渲染”选项卡“渲染”面板中的“渲染输出大小”下拉列表中设置的分辨率一样，并互相添加到相应的下拉列表中。

像素（图像元素的简称）是指图形图像中的单个点。通过以像素为单位指定图像的宽度和高度来设置渲染图像的分辨率。控制渲染图像的显示外观的分辨率有三项：宽度、高度和图像宽高比。

宽度和高度设置控制渲染图像的大小（以像素为单位进行测量）。默认的输出分辨率为640×480，最高可设置为 4096×4096。分辨率越高，细节越清楚。高分辨率图像花费的渲染时间也较多。用户在测试模型中的对象外观时，通常使用较低的分辨率设置，大约为320×200 或更低。添加了细节和材质后，可使用中等设置，例如 640×480。最终的渲染往往使用最高分辨率（1024×768 或更高），因为该图像要呈现给客户或要交付打印。

宽高比描述静态图像或动画中画面的比例，以宽度与高度的比值表示，与图像的分辨率无关。宽高比通常使用宽度与高度的比率（例如 4∶3）或乘数（例如 1.333）来表示。图18-14 显示了不同的图像的宽高比。


a)


b)

图 18-14　图像的宽高比

a) 宽高比 4:3　b) 宽高比 3:4

设置输出分辨率时，该分辨率将与当前图形一起存储。

⑥ 曝光类型：控制色调运算符设置。单击右格，可以从下拉列表中选择“自动”或“对数”。

“自动”：选择使用的色调运算符与当前视口色调运算符策略匹配。

“对数”：使用对数曝光控制。

⑦ 物理比例：设置用于调整光度控制环境中自发光材质相对亮度的全局比例因子。单

击右格，从中改变其值。值越大，模型越亮。默认值为 1500。

2）材质：设置渲染器处理材质方式。有关材质的详细内容，参看第 14 章。在渲染环境中，材质描述对象如何反射或发射光线。

① 应用材质：设置是否应用附着到图形中模型对象上的表面材质。单击右格，可以从下拉列表中选择“开”（应用）或“关”（不应用）。已附着到模型中的对象的材质通常会在渲染过程开始时打开。如果选择“关”，图形中的所有对象都假定为 GLOBAL 材质所定义的颜色、环境光、漫射、反射、粗糙度、透明度、折射和凹凸贴图属性值。

② 纹理过滤：指定过滤纹理贴图的方式。单击右格，可以从下拉列表中选择“开”（过滤纹理贴图）或“关”（不过滤纹理贴图）。

纹理过滤即在反走样中使用的像素均衡。打开纹理过滤时，渲染器将使用棱锥体过滤方法，该方法将过滤用做距离函数（注意，在应用到向远处倾斜曲面的局部纹理贴图上可能会产生不规则的反走样）。当纹理过滤打开时，渲染时间会略有增加。需要分配给棱锥体过滤的内存约为纹理贴图大小的 133%。与纹理贴图材质所提供的细节和真实感相比，渲染性能不会受到太大影响。

关闭纹理过滤后，当渲染器处理模型时，纹理贴图上不会产生反走样。

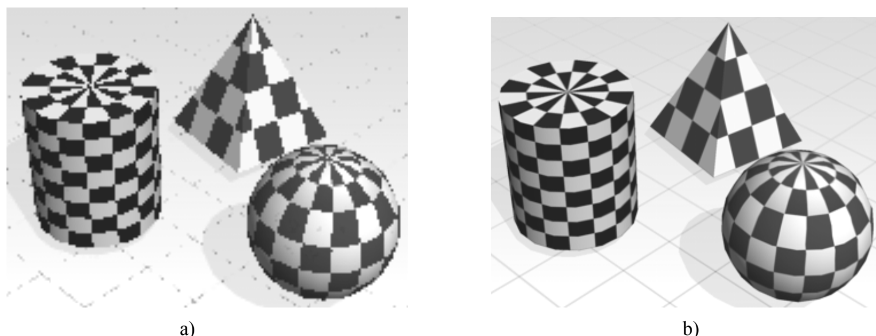
③ 强制双面：控制是否渲染面的两侧，即后向面是否着色。单击右格，可以从下拉列表中选择“开”（后向面着色）或“关”（后向面不着色）。

由于用户无法控制面法线的指向，因此可能遇到具有翻转法线的模型。渲染器不显示面的背面。这意味着从背面观察面时，显示为缺少该面。创建对象时其面法线通常朝向外，但是也可能会创建带有翻转面的对象或输入面法线不统一的复杂几何图形。“强制双面”打开后，面的两个侧面均被光线跟踪和着色。虽然这会略微增加渲染时间，但还是比试图修改翻转面要快。

3）采样：控制渲染器执行采样的方式。

由于显示器上的图像由固定网格上的不连续像素组成，因此使用“草图”或“低”渲染预设渲染的场景会产生锯齿状的不精确图像。图 18-15a 中，图像质量严重下降，其最小样例数为 1/64，最大样例数为 1/4。

分辨率越高（像素越小），锯齿情况越少。还可以使用若干标准渲染预设来消除斜线和曲线型边显示的锯齿效果。再就是通过增加采样的最小样例数和最大样例数，可以大大提高渲染的质量。图 18-15b 中，“最小样例数”为 1，“最大样例数”为 16，模型边界很平滑。



a) b)

图 18-15 采样对图像质量的影响

a) 最小样例数=1/64，最大样例数=1/4 b) 最小样例数=1，最大样例数=16

套用反走样技术需要至少在两方面做出平衡。额外计算：必须对较为复杂的线条或边界上的像素，以及背景中的相邻像素进行分析，才能添加中间着色。直线变粗：虽然反走样直线看上去更加平滑，但是它肯定比锯齿线粗。在渲染之前，必须确定预计要花费的渲染时间，以及最后希望得到的渲染效果。需要权衡的这两个方面部分取决于用户使用的硬件，部分取决于客户的要求。

标准渲染预设提供五种反走样级别。“草图”被设置为使用反走样的最低级别，但其渲染速度最快。每高一个级别，计算速度也会随之减慢。让该程序来决定对给定像素进行多少次采样计算可以使反走样算法更加有效。

① 最小样例数：设定最小采样率。即设定对像素着色时，每像素要取得的样例最小数。单击右格，可以从下拉列表中选择最小样例数。如设定小于 1 的值，则允许子采样。该值大于或等于 1 表示每像素计算一个或多个样例。该值为分数表示每 N 个像素计算一个样例（例如，1/4 表示每四个像素最少计算一个样例）。其默认值为 1/4。

② 最大样例数：设定最大采样率。即设定对像素着色时，每像素要取得的样例最大数。单击右格，可以从下拉列表中选择最大采样率。如果邻近样例发现对比中的差异超出了对比限制，则包含该对比的区域将细分为最大数指定的深度。其默认值为 1。

“最小样例数”和“最大样例数”列表的值被“锁定”在一起，从而使最小样例数的值不超过最大样例数的值。

③ 过滤器类型：设定将像素样例组合为最终样例颜色的方式，即如何将多个样例组合为单个像素值。单击右格，可以从下拉列表中选择过滤器类型。过滤器类型包括以下几种。

长方体（Box）：使用相等的权值计算过滤区域中所有样例的总和，即过滤器均匀地结合样例，但不对其进行加权。这是最快的采样方法。

高斯（Gauss）：使用以像素为中心的 Gauss（bell）曲线计算样例权值。

三角形（Triangle）：使用以像素为中心的棱锥体计算样例权值。

米切尔（Mitchell）：使用以像素为中心的曲线（比 Gauss 曲线陡峭）计算样例权值。“Mitchell”通常是最精确的方法。

蓝佐斯（Lanczos）：使用以像素为中心的曲线（比 Gauss 曲线陡峭）计算样例权值，降低样例在过滤区域边缘的影响。

除“Box”外，其他每种过滤器在结合样例前都使用特定的曲线对样例进行加权。图 18-16 是各过滤器的样例权值曲线。

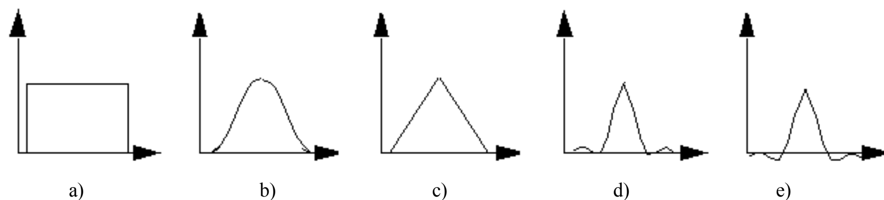


图 18-16　各过滤器的样例权值曲线

a) Box　b) Gauss　c) Triangle　d) Mitchell　e) Lanczos

④ 过滤器宽度和过滤器高度：指定过滤区域的大小。单击右格改变其值，取值范围0～8。增加过滤器宽度和过滤器高度值可以柔化图像，但是将增加渲染时间。

⑤ 对比色：设定一个阈值，高于该阈值时将进行进一步的采样（受限于最大样例限值）。可为每个通道指定阈值。单击右格，出现按钮，单击该按钮，打开“选择颜色”对话框，从中选择颜色从而指定R（红），G（绿），B（蓝）的阈值。

⑥ 对比红色、对比蓝色、对比绿色：设定样例的红色、蓝色和绿色分量的阈值。这些值已被正则化且范围介于0～1之间，其中0表示颜色分量完全不饱和（黑色或以八位编码表示的0），1表示颜色分量完全饱和（白色或以八位编码表示的255）。单击右格可改变其值。

⑦ 对比Alpha：设定样例的Alpha分量的阈值。该值已被正则化且范围介于0（完全透明或以八位编码表示的0）～1（完全不透明或以八位编码表示的255）之间。单击右格改变其值（Alpha是一种数据类型，存在于32位图像文件中，用于在图像中为像素指定透明度）。

4）阴影：设置阴影在渲染图像中的显示方式。使用阴影，用户可以创建更具有深度和真实感的渲染图像。

要在模型中投射阴影，必须建立光源。光源添加到场景中，还要指定该光源是否投射阴影（在光源命令或光源“特性”选项板中设置）。对于在设置场景时要在视口中显示的阴影，用户需要打开视觉样式的阴影（在三维建模功能区的“渲染”选项卡“光源”面板上选择“地面阴影”或“全阴影”，即改变系统变量“VSSHADOWS”的值），图18-17是在视口中显示阴影的效果。如果希望阴影显示在渲染图像中，则用户需要打开阴影并在“高级渲染设置”选项板上选择要渲染的阴影类型。

渲染器可以通过阴影贴图或光线跟踪来生成阴影。阴影贴图阴影取决于渲染器在场景的预渲染阶段生成的位图。阴影贴图阴影比光线跟踪阴影的计算速度快，但是精度较低。

阴影贴图是可以生成具有柔和边界的阴影的唯一方法，其方法是在光源命令的“阴影（W）”选项的子选项中选择“已映射柔和”并设置“柔和度”，或者在光源“特性”选项板的“渲染阴影细节”面板“类型”栏中选择“柔和（阴影贴图）”。图18-18显示的是阴影贴图产生边较柔和、精度较低的阴影的效果。



图18-17 在视口中显示阴影



图18-18 有柔和边界的阴影

在预渲染阶段，将创建一个阴影贴图位图。阴影质量可以通过增大或减小阴影贴图的尺寸来控制（在光源命令的“阴影(W)”选项的子选项中设置，或在光源“特性”选项板的“渲染阴影细节”面板中修改），默认的阴影贴图尺寸为256 ×256个像素。如果阴影显示过于粗糙，则增加贴图尺寸可以获得较好的质量。如果有穿透透明曲面的光线（例如要投射有

窗棂和玻璃的多窗格窗口的阴影），则不应使用阴影贴图阴影。须删除玻璃，窗棂才能投射阴影。阴影贴图不会显示透明或半透明对象投射的颜色。

光线跟踪阴影（与其他反射和折射的光线跟踪效果类似）通过跟踪从光源采样得到的光束或光线而产生。光线被对象遮挡的地方将出现阴影。光线跟踪阴影更真实、更精确、更清晰，但需要的计算时间较多，处理时间较长。图 18-19 是光线跟踪阴影的效果。



图 18-19　光线跟踪阴影

光线跟踪阴影有清晰的边和精确的轮廓；他们也可以透过透明或半透明对象传递颜色。因此，有窗棂和玻璃的多窗格窗口的窗棂的阴影将被渲染。由于光线跟踪阴影在计算时不使用贴图，因此无需像使用阴影贴图阴影那样调整分辨率。

① “指定是否计算阴影”按钮：单击该按钮设定渲染过程中是否计算阴影。

② 模式：指定处理透明阴影时使用的方式。单击右格，可以从下拉列表中选择“简化”、“分类”或“分段”模式。

简化：渲染器按随机顺序调用阴影着色器。这是默认的阴影模式状态。

分类：渲染器按从对象到光源的顺序调用阴影着色器。

分段：渲染器沿光线从体积着色器到对象和光源之间的光线段的顺序调用阴影着色器。

③ 阴影贴图：设定是否使用阴影贴图来渲染阴影。单击右格，可以从下拉列表中选择“关”或“开”。打开时，渲染器将渲染使用阴影贴图的阴影（该选项仅适用于使用贴图阴影的光源）。关闭时，将对所有阴影使用光线跟踪。

④ 采样乘数：全局限制区域光源的阴影采样。这是渲染预设数据的一部分，使草图和低质量预设可以减少区域光源采样。这种效果用于调整为每个光源指定的固有采样频率。单击右格，可以从下拉列表的 0、1/8、1/4、1/2、1、2 中选值。新预设的默认值为 1。各渲染预设的采样乘数分别是：草图 0；低 1/4；中 1/2；高 1；演示 1。

接下来的内容属于高级渲染技术，高级渲染技术使用户可以渲染非常细致和真实的照片级图像。

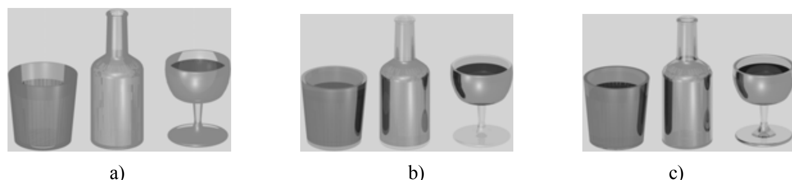
2．光线跟踪

“光线跟踪”用于设置影响渲染图像着色的项目。

光线跟踪技术追踪从光源采样得到光线的路径。通过这种方式生成的反射和折射非常精确。

为了减少生成反射和折射所需的时间，光线受跟踪深度的限制。跟踪深度限制光线可以被反射或折射、或同时被反射和折射的次数。增大跟踪深度最大值、最大反射次数、最大折射次数，可以提高渲染图像的复杂程度和真实感；但随着反射和折射次数的增加，将耗费更长的渲染时间。在“高级渲染设置”选项板的“光线跟踪”栏中可设置这几项值。

图 18-20 显示在使用了光线跟踪时，增加最大跟踪深度、最大反射次数和最大折射次数后逐步提高渲染质量的效果。图 18-20a 是关闭光线跟踪，不发生反射或折射的效果。图 18-20b 是打开光线跟踪，最大深度为 2，最大反射次数和折射次数为 1 的效果。图 18-20c 是打开光线跟踪，最大深度为 8，最大反射次数和折射次数为 5 的效果。



a)　　b)　　c)

图 18-20　光线跟踪渲染

a) 光线跟踪关闭　b) 光线跟踪打开　c) 光线跟踪打开

（最大深度=2；最大反射次数和折射次数=1）（最大深度=8；最大反射次数和折射次数=5）

1）“指定着色时是否执行光线跟踪”按钮：单击该按钮可设定是或否。

2）最大深度：设置限制反射和折射的组合。单击右格可改变其值。当反射和折射总数达到最大深度时，光线跟踪将停止。例如，如果“最大深度”等于 3 且“最大反射”和“最大折射”均设置为 2，则光线可以反射两次，折射一次，反之亦然，但是不能反射和折射四次。

3）最大反射：设定光线可被反射的次数。单击右格可改变其值。设定为 0 时，不发生反射。设定为 1 时，光线只能反射一次。设定为 2 时，光线可以反射两次，依此类推。

4）最大折射：设定光线可被折射的次数。单击右格可改变其值。设定为 0 时，不发生折射。设定为 1 时，光线只能折射一次。设定为 2 时，光线可以折射两次，依此类推。

3．间接发光

间接发光部分用于控制光源特性、场景照明方式以及是否进行全局照明和最终聚集等。

间接发光技术（如全局照明和最终聚集）通过模拟场景中的光线辐射或相互反射来增强场景的真实感。

1）全局照明：设置影响场景的照明方式。

全局照明（GI）提供诸如渗色之类的效果。例如，如果一张红色的工作台面紧邻一堵白色的墙，则白色的墙看起来会略带粉色。也许读者会觉得这是一个微不足道的细节，但如果图像中缺少了这种粉色，将无法准确地指出原因，这幅图像也会显得不真实。但普通的光线跟踪计算无法产生这种效果。

为计算全局照明，渲染器将使用光子贴图（一种生成间接发光和全局照明效果的技术）。使用光子贴图的副作用是产生渲染假象（例如光源中的深色角点和低频变化）。可以打开最终聚集（以增加用于计算全局照明的光线数）来减少或消除这些假象。

当准备完成的渲染时，请确保已指定要使用的图形单位，然后再进行 GI 设置。对全局照明感到满意后，更改图形单位将对渲染结果产生不利影响。

全局照明的精度和强度由生成的光子数量、采样半径及其跟踪深度控制。图 18-21 显示了光子数量较少并且采样半径较小的效果。



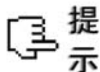
a)　　b)

图 18-21　全局照明效果

a) 光子/样例=500，半径=1　b) 光子/样例=20，半径=0.1

① 💡“指定光源是否应该将间接光投射到场景中”按钮：单击该按钮可设定是或否。

② 光子/样例：设定用于计算全局照明强度的光子数。全局照明的强度由用户指定的光子数量计算。单击右格可改变其值。增加光子数量可以减少全局照明的噪值，但会增加模糊程度。减少光子数量可以增加全局照明的噪值，但会降低模糊程度。光子的数量越多，渲染时间就越长。



要预览全局照明，将“光子/样例”或“光子/光源”等设置为较低的值，然后增加这些值以进行最终渲染。

③ 使用半径：设置光子的大小。单击右格，从下拉列表中选择“关”或“开”。打开时，半径值设定光子的大小。多数情况下为“关”，此时默认的光子大小为场景大小的1/10，这样将获得比较理想的结果。其他情况下，光子大小可能会过大或过小。

④ 半径：指定计算照度时将在其中使用光子的区域。单击右格可改变其值。半径的大小可以确定光子是否重叠。光子重叠时，渲染器会将他们平滑地连接起来。增大半径会增加平滑量，并且可以创建看起来更加自然的照明。当光子半径较小并且没有重叠时，将不进行平滑。理想状态下，光子应该重叠。要获得理想的效果，应该打开“使用半径”并增加半径大小。

⑤ 最大深度：指定在终止光子之前，可出现的反射和折射次数，限制反射和折射的组合。单击右格可改变其值。

“跟踪深度”控件与计算反射和折射的控件类似，但这些控件参照的是全局照明使用的光子，而不是光线跟踪反射和折射中使用的光线。

当光子的反射和折射总数等于“最大深度”设置时，反射和折射将停止。例如，如果“最大深度”等于3且“最大反射”和“最大折射”均设置为2，则光子可被反射两次、折射一次，反之亦然，但光子不能被反射和折射四次。

⑥ 最大反射：设置光子可以反射的次数。单击右格可改变其值。设定为 0 时，不发生反射。设定为1时，光子只能反射一次。设定为2时，光子可以反射两次，依此类推。

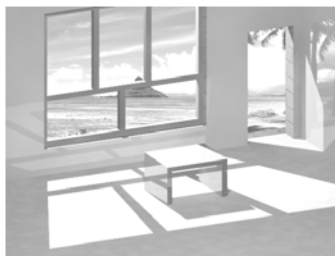
⑦ 最大折射：设置光子可以折射的次数。单击右格可改变其值。设定为 0 时，不发生折射。设定为1时，光子只能折射一次。设定为2时，光子可以折射两次，依此类推。

2）最终聚集：用于计算全局照明。

最终聚集是用于改善全局照明的可选的附加技术。它可以增加计算 GI 所使用的光线数量，以使光线平滑并消除不利的光线假象。图18-22是关闭及打开“最终聚集”的效果。



a)



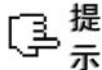
b)

图18-22　最终聚集效果

a) 关闭最终聚集　b) 打开最终聚集

由于从光子贴图计算全局照明，因此可能会产生渲染假象（例如光源中的深色角点和低频变化）。通过激活最终聚集，可以增加计算全局照明所使用的光线数量，从而减少或消除这些假象。

最终聚集会显著增加渲染时间。它对于带有全局漫射光源的场景非常有用。



提示 关闭最终聚集以预览场景，然后将其打开以进行完成的渲染（增加用于计算全局照明的光子数量也可以改善全局照明）。

① 模式：控制最终聚集过程是打开还是关闭，还是由“阳光特性”窗口中“天光特性”下的“状态”设置控制。单击右格，从下拉列表中选择“关”、“开”或“自动”。

开：打开最终聚集中的全局照明。

关：关闭最终聚集中全局照明的计算。

自动：指示在渲染时应根据天光状态动态地启用或禁用最终聚集。

② 光线：设定用于计算最终聚集中间接发光的光线数。单击右格可改变其值。增加该值将减少全局照明的噪值，但同时会增加渲染时间。

③ 半径模式：确定最终聚集处理的半径模式。单击右格，从下拉列表中选择“关”、“开”或“视图”。

开：指定该设置表示“最大半径”设置将用于最终聚集处理。指定半径以世界单位表示，并且默认值为模型最大周长的10%。

关：指定最大半径（以世界单位表示）的默认值为最大模型半径的10%。

视图：指定“最大半径”设置以像素表示而不是以世界单位表示，并用于最终聚集处理。

④ 最大半径：设置在其中处理最终聚集的最大半径。单击右格可改变其值。减少该值可以提高质量，但会增加渲染时间。

⑤ 使用最小值：控制在最终聚集处理过程中是否使用“最小半径”设置。单击右格，可以从下拉列表中选择“关”或“开”。

开：最小半径设置将用于最终聚集处理。

关：不使用最小半径。

⑥ 最小半径：设置在其中处理最终聚集的最小半径。单击右格可改变其值。增加该值可以提高质量，但会增加渲染时间。

3）光源特性：影响计算间接发光时光源的操作方式。默认情况下，能量和光子设置可应用于同一场景中的所有光源。

① 光子/光源：设定每个光源发射的用于全局照明的光子数。增加该值将增加全局照明的精度，但同时会增加内存占用量和渲染时间。减少该值将改善内存占用和减少渲染时间，且有助于预览全局照明效果。

② 能量乘数：控制间接照明的量级，增加全局照明、间接光源、渲染图像的强度。

4．诊断

使用“诊断”控件可以帮助了解图像没有按照预期效果进行渲染的原因。

可见：有助于用户了解渲染器以特定方式工作的原因。

① 栅格：在渲染图像中显示对象、世界或相机的坐标空间。单击右格，从下拉列表中

选择“关”、“对象”、“世界”或“相机”。

对象：显示本地坐标（UVW）。每个对象都有自己的坐标空间。

世界：显示世界坐标（XYZ）。对所有对象应用同一坐标系。

相机：显示相机坐标（显示为叠合在视图上的矩形栅格）。

② 栅格尺寸：设置栅格的尺寸。

③ 光子：渲染光子贴图效果。该操作要求光子贴图存在。如果光子贴图不存在，则光子渲染类似于场景的无诊断渲染：渲染器首先渲染着色场景，然后使用伪彩色图像替换。单击右格，从下拉列表中选择“关”、“密度”或“发光度”。

密度：当光子贴图投影到场景中时，渲染光子贴图。高密度以红色显示，且值越小，渲染颜色色调越冷。

发光：与密度渲染类似，但基于光子的发光度对其进行着色。最大发光度以红色渲染，且值越小，渲染颜色色调越冷。

④ 样例：样例的打开或关闭。单击右格，从下拉列表中选择“关”或“开”

⑤ BSP：使用 BSP 光线跟踪加速方法渲染树使用的可视化参数。如果渲染器消息报告深度或大小值过大，或者如果渲染过程异常缓慢，则该方法可以帮助用户查找问题。

深度：显示树的深度，顶面以鲜红色显示，且面越深，颜色色调越冷。

大小：显示树中叶子的大小，不同的颜色表示不同大小的叶子。

5．处理

1）平铺尺寸：确定渲染的平铺尺寸。渲染场景时，会将图像细分为色块。平铺尺寸越小，渲染过程中生成的图像更新越多。减少平铺尺寸，图像更新数量将增加，这意味着要花费更多时间才能完成渲染。增加平铺尺寸时，图像更新数量将减少，完成渲染所需的时间也越短。

2）平铺次序：指定渲染图像时用于色块的方法（渲染次序）。可以根据在“渲染”窗口中渲染图像时用户所希望的图像显示方式来选择方法。

希尔伯特（Hilbert）：根据切换到下一个色块所花费的时间确定下一个将要渲染的色块。

螺旋状：按从图像中心开始向外螺旋的顺序渲染色块。

从左到右：按从下到上、从左到右的顺序纵向渲染色块。

从右到左：按从下到上、从右到左的顺序纵向渲染色块。

从上到下：按从右到左、从上到下的顺序横向渲染色块。

从下到上：按从右到左、从下到上的顺序横向渲染色块。

3）内存限制：确定渲染时的内存限制。渲染器将保留其在渲染时使用的内存计数。如果已达到内存限制，将放弃某些对象的几何图形以将内存分配给其他对象。

18.4　控制渲染环境

可通过雾化和景深效果处理以及将图像添加为背景来增强渲染图像。

18.4.1　雾化/景深效果处理

雾化和景深效果处理是非常相似的大气效果，可以使对象随着距相机距离的增大而淡入显示。雾化使用白色，而景深效果处理使用黑色。图 18-23 是进行雾化和景深处理前后的效果。



a) b)

图 18-23 雾化和景深处理的效果

a) 没有雾化和景深处理 b) 雾化和景深处理后

1．“渲染环境”对话框

“renderenvironment”命令用于设置雾化或景深效果处理的参数。要设置的关键参数包括：雾化或景深效果处理的颜色、近距离和远距离以及近处雾化百分率和远处雾化百分率。

雾化和景深效果处理均基于相机的前向或后向剪裁平面，以及“渲染环境”对话框上的近距离和远距离设置。例如，相机的后向剪裁平面处于活动状态，并且距离相机 30 英尺。如果要从距相机 15 英尺处开始雾化并且无限延伸，应将“近距离”设置为 50，“远距离”设置为 100。

雾化或景深效果处理的密度由近处雾化百分率和远处雾化百分率来控制。这些设置的范围为 0.0001～100。值越高表示雾化或景深效果处理越不透明。

对于比例较小的模型，“近处雾化百分率”和“远处雾化百分率”设置可能需要设置在 1.0 以下才能看到想要的效果。

renderenvironment 命令的输入方式有：

- 命令：renderenvironment ↙
- 工具栏：渲染
- 下拉菜单：视图(V)→渲染(E)→渲染环境(E)
- 功能区：三维建模工作空间→“渲染”选项卡→“渲染”面板→▼“渲染”下拉菜单→环境

命令输入后打开如图 18-24 的“渲染环境”对话框。在对话框中主要进行“雾化/深度”设置，定义对象与当前观察方向之间的距离效果处理。

启用雾化：启用雾化或关闭雾化，而不影响对话框中的其他设置。单击右格，从下拉列表中选择“关”或“开”。

颜色：指定雾化颜色。单击右格，从下拉列表中选择颜色，如果选择“选择颜色”选项，将打开“选择颜色”对话框，从中再选择颜色。

雾化背景：不仅对背景进行雾化，也对几何图形进行雾化。单击右格，从下拉列表中选择“关”或“开”。

近距离：设置雾化开始处到相机的距离，该距离由到远处剪裁平面的距离的百分比确定。单击右格，输入百分比值或单击增减按钮改变其值。近距离设置不能大于远距离设置。

远距离：设置雾化结束处到相机的距离。该距离由到远处剪裁平面的距离的百分比确定（所以期初始值为 100）。单击右格，输入百分比值或单击增减按钮改变其值。远距离设置不

能小于近距离设置。



图 18-24 “渲染环境”对话框

近处雾化百分比：指定近距离处雾化的不透明度。单击右格，输入百分比值或单击增减按钮改变其值。

远处雾化百分比：指定远距离处雾化的不透明度。单击右格，输入百分比值或单击增减按钮改变其值。

2．进行雾化和景深效果处理的步骤

第一步：创建相机（随即创建了相机视图）。注意，创建相机时打开相机的前向或后向剪裁平面，指定前、后向剪裁平面的偏移距离（当然，这些也可以在创建相机后，打开“特性”选项板或打开“视图管理器”对话框，在其中设置）。

第二步：如果相机没有显示，显示相机。

第三步：对相机进行调整。有以下 3 种调整方式。

1）选中相机，通过相机上的夹点，调整相机位置、目标位置、目标距离、前、后向裁剪平面等（在这个过程可以随时改变视图方向）。

2）也可选中相机，打开“特性”选项板，从中改变相机或目标的坐标，以及打开前、后向剪裁平面，设定剪裁平面偏移值。

3）使用“view”命令，打开“视图管理器”对话框，除了也可进行在“特性”选项板中的设置，还可设置相机视图的背景等。

第四步：将该相机视图置为当前视图。

第五步：打开“渲染环境”对话框，在其中启用雾化，设定雾化或景深效果处理的颜色，设定“近距离”和“远距离”的值以及“近处雾化百分率”和“远处雾化百分率”等。

第六步：渲染模型。

18.4.2 背景

背景主要是显示在模型后面的背景幕。背景可以是单色、多色渐变色或位图图像。图 18-25 是三维模型使用不同背景的效果。



a) b)

图 18-25 三维模型使用不同背景

a) 使用草原背景 b) 使用高山背景

当渲染静止图像，或者渲染其中的视图不变化或相机不移动的动画时，使用背景效果最佳。可以通过“视图管理器”设置背景。设置以后，背景将与命名视图或相机相关联，并且与图形一起保存。

为命名视图设定背景的步骤如下。

第一步：使用命令“view”，打开“视图管理器”，从“模型视图”列表中选择一个现有的命名视图（用户命名视图或相机视图）。

第二步：在“常规”面板上，单击“背景替代”右格，从下拉列表中选择“纯色…”、“渐变色…”或“图像…”，打开“背景”对话框。

第三步：在“背景”对话框中，设定颜色或选择要用做背景的图像，单击“确定”按钮，关闭“背景”对话框，返回“视图管理器”。

第四步：在“视图管理器”中选中该视图，单击“置为当前”按钮，再单击“确定”按钮，将关闭“视图管理器”，并将该视图作为当前视图。此时，当前视口中会出现背景。如果不单击“置为当前”按钮，而直接单击“确定”按钮，将关闭“视图管理器”，该视图设置了背景，但该视图不是当前视图。接下来还有第六步。

第五步：将该视图作为当前视图。在三维建模功能区中从“视图”选项卡的“视图”面板上的下拉列表中选择该命名视图。此时，当前视口中会出现背景。

第六步：渲染该视图。

编辑命名视图的背景的方法也是在“视图管理器”中。从“模型视图”列表中选择一个现有的命名视图，在“常规”面板上，单击“背景替代”右格，从下拉列表中选择“编辑…”，打开“背景”对话框，剩下的操作与设置背景过程一样。

第 19 章　综 合 举 例

本章就三维对象标注尺寸及实体建模举例，供读者参考。

19.1　三维对象的尺寸标注

在 AutoCAD 中，所有的尺寸标注都只能在当前坐标系的 XY 平面中进行。所以，要准确地标注三维对象中各部分的尺寸，必须不断地变换用户坐标系。关于用户坐标系的使用方法，已在第 2 章作了详细介绍，这里不再重述，只是指出坐标系的位置或轴的旋转。一旦创建新的用户坐标系，标注尺寸的方法与二维图形中标注尺寸一样，所以这里也不去介绍每个尺寸标注命令的使用方法，只是指出标注哪个尺寸。

【例】标注实体尺寸，如图 19-1 所示。

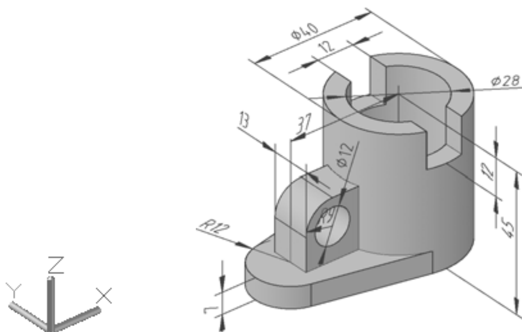


图 19-1　标注实体尺寸

为了清晰，以下图形采用三维隐藏视觉样式，并且在图中只标出与当前坐标系有关的尺寸。

要标注实体顶部的尺寸，可将图 19-1 的坐标系改变原点，创建用户坐标系于顶部圆弧的圆心（定位时可利用对象捕捉“捕捉到圆心”），如图 19-2 所示。

将图 19-2 的用户坐标系绕 X 轴旋转 90°，即可标注尺寸 37 和 7，如图 19-3 所示。

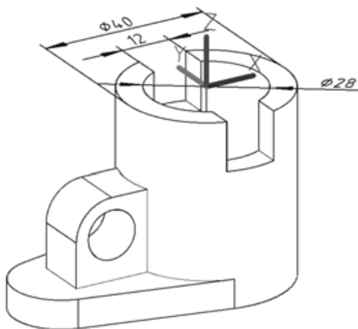


图 19-2　标注实体顶部尺寸

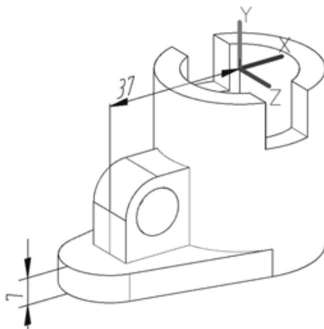


图 19-3　标注尺寸 37 和 7

将图 19-3 的用户坐标系绕 Y 轴旋转 90°，即可标注尺寸 45 和 12，如图 19-4 所示。

创建用户坐标系于圆ϕ12 的圆心（定位时可利用对象捕捉“捕捉到圆心”），且使 Z 轴垂直于圆，可标注尺寸ϕ12 和 R9，如图 19-5 所示。

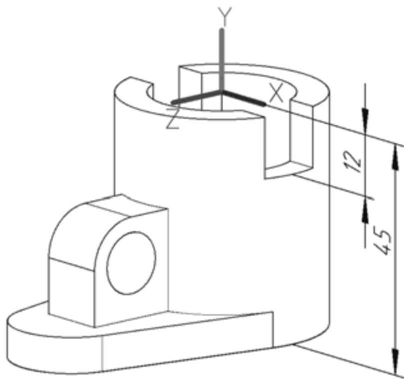


图 19-4　标注尺寸 45 和 12

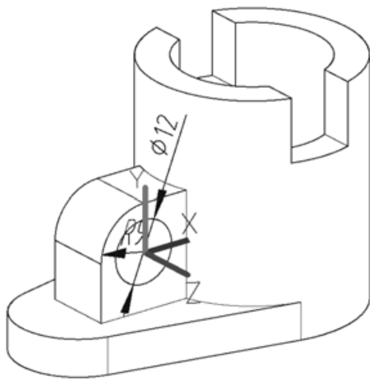


图 19-5　标注尺寸ϕ12 和 R9

创建用户坐标系于圆弧 R12 的圆心（定位时可利用对象捕捉“捕捉到圆心”），且使 Z 轴垂直于圆弧，可标注尺寸 R12，如图 19-6 所示。

移动用户坐标系于图 19-7 的位置，可标注尺寸 13。

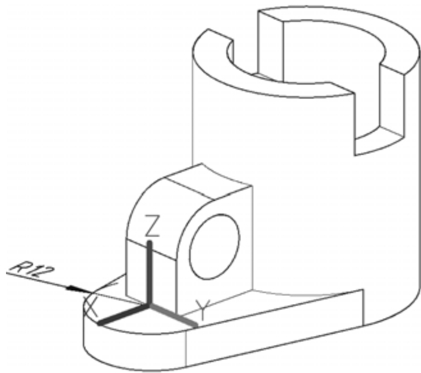


图 19-6　标注尺寸 R12

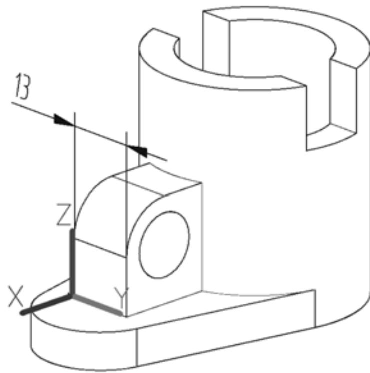


图 19-7　标注尺寸 13

 注意

由于创建用户坐标系的方法很多，所以标注尺寸的方法和顺序可以很多，如上所示的标注尺寸只是作者的一种标注方法。实际标注尺寸时，读者可充分发挥才智，灵活快速地标注三维对象的尺寸。

19.2　三维建模举例

实际中的三维建模，方法灵活多样。随着三维对象形状的不同、设计者绘图思路的不同、对 AutoCAD 软件的熟悉程度不同等诸多因素，建模过程可能有较大不同。下面的拆卸器（如图 19-8 所示）的零件绘制及整体装配，作者采用的是实体建模的方法。即使是实体建模，也可有不同的思路和建模过程，因此，下面的方法仅供读者参考。

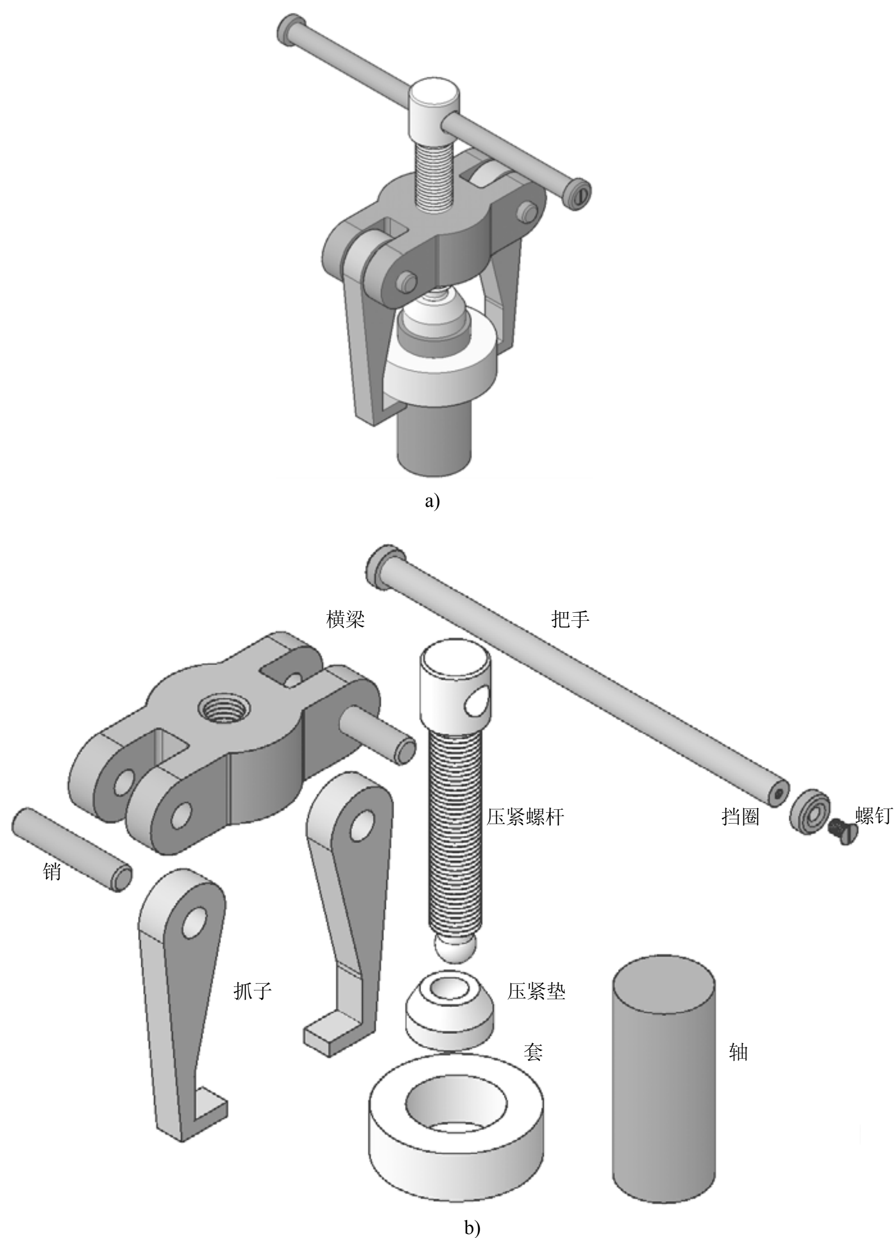


图 19-8　拆卸器

a) 拆卸器　b) 拆卸器零件分解图

1. 绘制压紧螺杆

压紧螺杆及其尺寸如图 19-9 所示。绘制过程如下：

1）首先根据压紧螺杆尺寸绘制半个竖向截面，如图 19-10a 所示。

2）使用命令“region”将半个竖向截面创建面域，如图 19-10b 所示。

3）使用命令“revolve”将面域旋转得螺杆，如图 19-10c 所示。

4）使用命令“cylinder”创建圆柱，如图 19-10d 所示。

5）使用命令“subtract”从螺杆中减去圆柱得到压紧螺杆，如图 19-10e 所示。

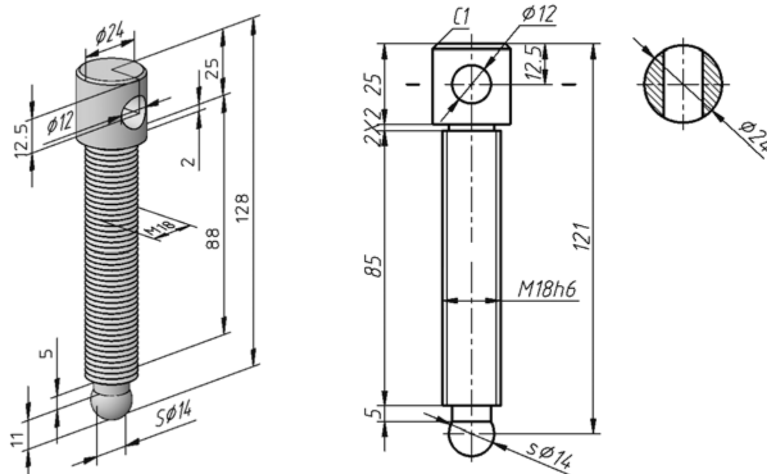


图 19-9　压紧螺杆及其尺寸

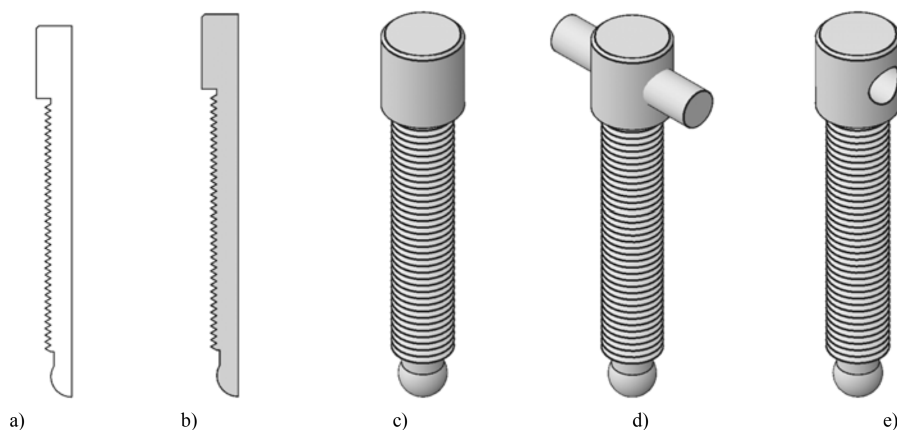


图 19-10　压紧螺杆的绘制过程

a) 绘制截面　b) 创建面域　c) 旋转面域得螺杆　d) 创建圆柱　e) 压紧螺杆

2. 绘制横梁

横梁及其尺寸如图 19-11 所示。绘制过程如下：

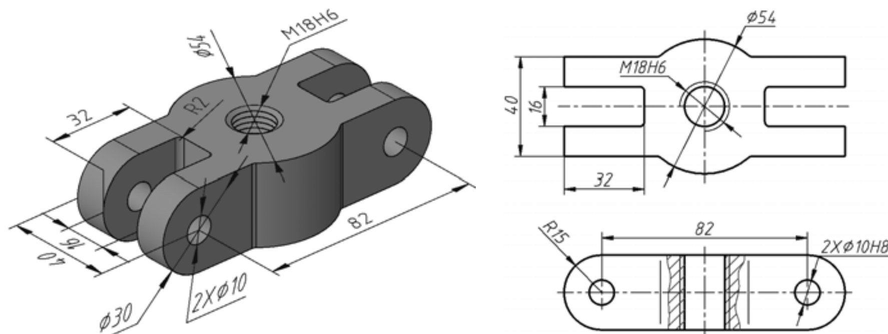


图 19-11　横梁及其尺寸

1）在视图为俯视时绘制横梁的俯视图，中间部分（椭圆内部分）严格按尺寸绘制，但两侧可画的比要求尺寸长一些；在视图为前视时严格按尺寸绘制横梁的前视图；接下来将视图设为西南等轴测，如图 19-12 所示。视图的转换过程可利用“视图”工具栏。

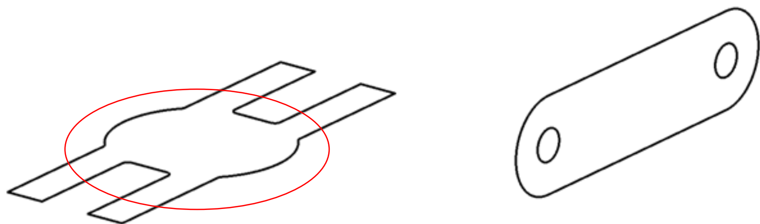


图 19-12　俯视时绘制横梁的俯视图，前视时绘制横梁的前视图

2）使用命令“region”将俯视图和前视图创建面域，如图 19-13 所示。

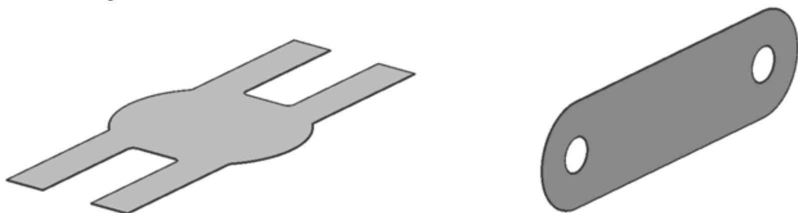


图 19-13　将俯视图和前视图创建面域

3）使用拉伸命令“extrude”将面域拉伸成实体，如图 19-14 所示。为了下一步操作方便，在实体的前面画一条直线。画直线时可利用对象捕捉“捕捉到中点”。

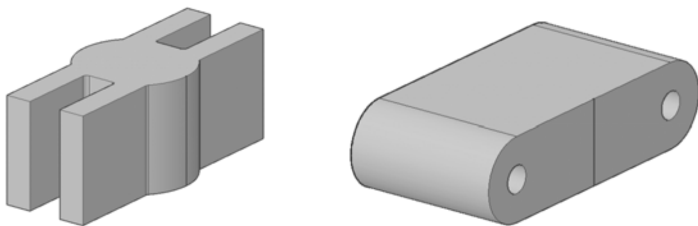


图 19-14　将面域拉伸成实体

4）使用移动命令“move”将两个实体移动到一起，如图 19-15 所示。移动时对于命令提示“指定基点”和“指定第二个点”都利用对象捕捉“捕捉到中点”，捕捉实体的前面所画直线的中点。

5）使用命令“intersect”对移动到一起的实体求交集，得到没有螺孔的横梁，如图 19-16 所示。

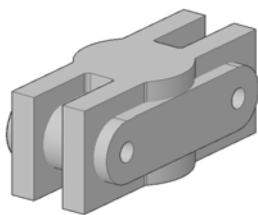


图 19-15　将两个实体移动到一起

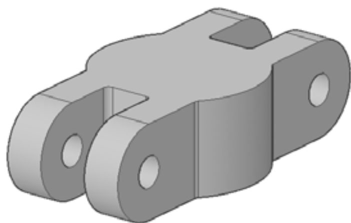


图 19-16　对移动到一起的实体求交集

6）复制压紧螺杆，将其移动到没有螺孔的横梁的中心，如图 19-17 所示。为保证这个过程的准确，可做辅助线、利用对象捕捉、改变视图方向等，这里不再详细叙述。

7）使用命令“subtract”从没螺孔的横梁减去压紧螺杆得到横梁，如图 19-18 所示。

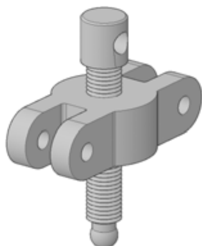


图 19-17　将螺杆移动到横梁的中心

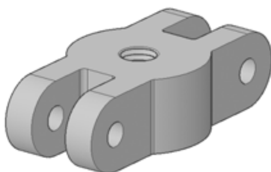


图 19-18　减去压紧螺杆得到横梁

3. 绘制抓子

抓子及其尺寸如图 19-19 所示。绘制过程如下：

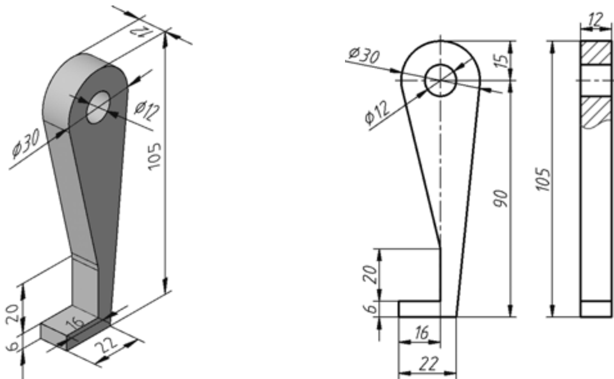


图 19-19　抓子及其尺寸

1）首先根据抓子尺寸绘制平面图，如图 19-20a 所示。

2）使用命令“region”创建面域。实际是创建两个面域，一个最外轮廓面域和一个圆面域，如图 19-20b 所示。

3）使用命令“subtract”将最外轮廓面域减去圆面域，如图 19-20c 所示。

4）将视图设为西南等轴测，使用命令“extrude”拉伸面域创建抓子，如图 19-20d 所示。

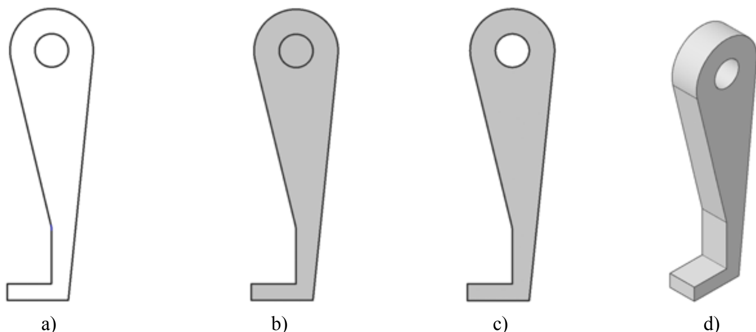


图 19-20　抓子的绘制过程

a) 抓子平面图　b) 创建面域　c) 最外轮廓面域减圆面域　d) 拉伸面域创建抓子

4．拆卸器的其余零件的尺寸

拆卸器的其余零件都比较简单，不再绘制其三维图，各零件的尺寸如图 19-21 所示。

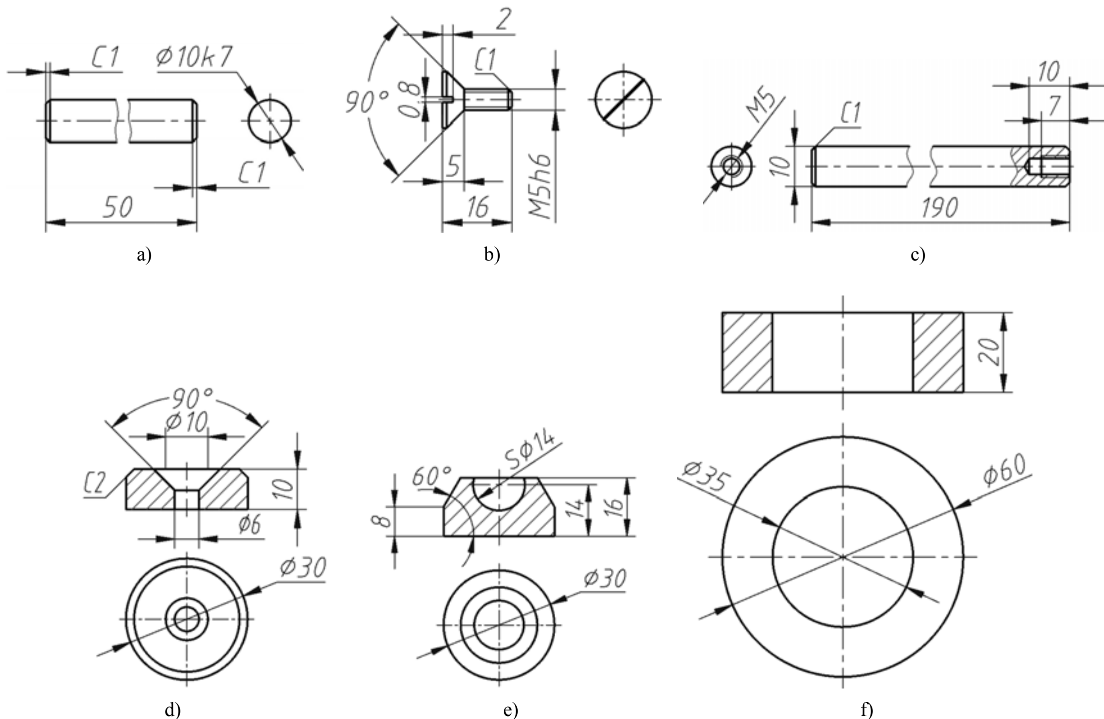


图 19-21　拆卸器其余零件的尺寸

a) 轴销　b) 螺钉　c) 把手　d) 挡圈　e) 压紧垫　f) 套

5．拆卸器的组装

零件完成以后，零件的组装是一个非常灵活的过程，可用的方法和工具也非常多，用户可根据具体问题考虑采用如下的操作。

随时改变视觉样式。如为指定隐藏边或面上的点采用二维线框或三维线框视觉样式。

随时改变视点、变换视图，适时使用导航工具。如充分利用正交视图——前视、后视、左视、右视、俯视、仰视，因为在正交视图中可把一些三维操作转换为二维操作。充分利用动态观察功能（包括透明使用动态观察）等改变视点的工具，使得以较好的视觉角度装配零件。

利用二维或三维修改操作命令改变零件的位置和方向。使用移动、旋转、对齐等二维或三维命令，以使零件装配方便。

利用对象捕捉和三维对象捕捉，使装配过程能精确捕捉到零件上的特殊点。

在合适位置创建用户坐标系。如改变用户坐标系原点，旋转坐标系的轴等，以方便零件的定位和装配。

做必要的辅助线、辅助面。在零件不易定位的情况，可以做辅助线或辅助面帮助定位。

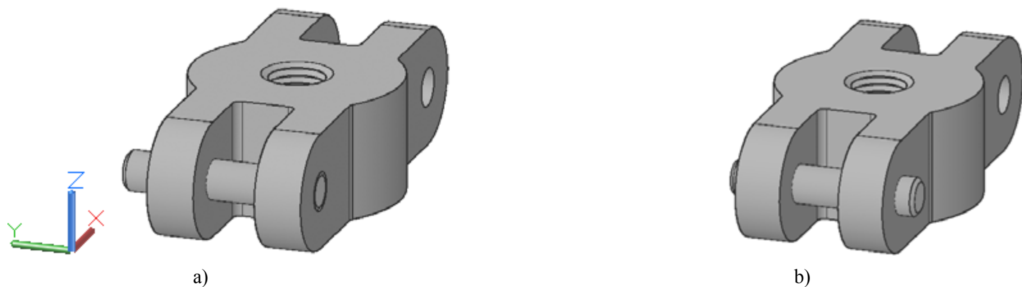
还有小控件，选择子对象等等，不再一一列举。总之，应该在熟悉各种命令的前提下，实现零件装配的快捷、准确。

下面是作者对图 19-8b 的拆卸器零件分解图进行装配的过程，供读者参考。

1）在横梁上装销轴和抓子，具体步骤如下：

第一步：初步定位。在西南等轴测视图中使用移动命令“move”将销轴移动到横梁的销孔中，如图 19-22a 所示。移动时，以销轴的右前端面圆心为“基点”，以横梁的右前侧销孔圆心为移动的“第二点”，指定点时结合对象捕捉“捕捉到圆心”。

第二步：准确定位。打开正交，根据销轴的尺寸及横梁的孔距，使用移动命令“move”沿 Y 轴方向向右移动 5，如图 19-22b 所示。



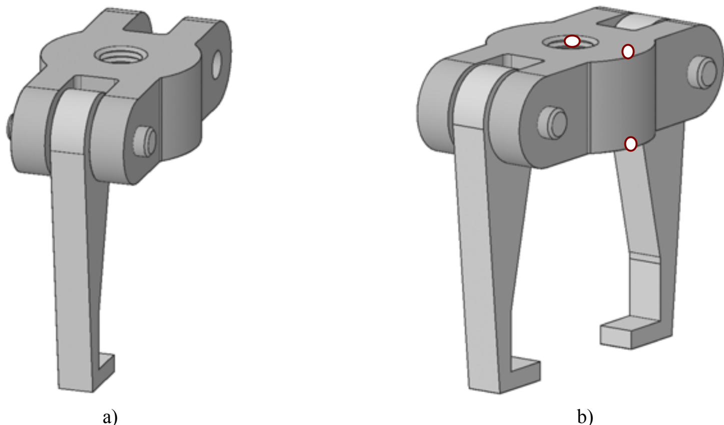
a)　　b)

图 19-22　在横梁上装销轴

a) 销轴初步定位　b) 移动销轴准确定位

第三步：装抓子。方法与装销轴的过程一样，装配后如图 19-23a 所示。

第四步：装另一侧销轴和抓子。使用三维镜像命令“mirror3d”，镜像销轴和抓子。镜像时，镜像平面上的三点分别是横梁顶面的螺孔中心（指定点时结合对象捕捉“捕捉到圆心”），横梁右前侧圆柱面的上、下两象限点（指定点时结合对象捕捉“捕捉到象限点”），如图 19-23b 所示。



a)　　b)

图 19-23　装抓子

a) 装一侧抓子　b) 镜像装另一侧抓子

2）装配套、轴、压紧垫、压紧螺杆

第一步：在抓子的下部画辅助直线，以方便“套”件的定位，如图 19-24 所示。

第二步：改变视点，如图 19-25 所示。使用移动命令“move”将套的下底面圆心移动到辅助直线的中点，如图 19-25 所示。移动时，指定套的下底面圆心为“基点”时结合对象捕捉“捕捉到圆心”，指定辅助线的中点为移动的“第二点”时结合对象捕捉“捕捉到中点”。

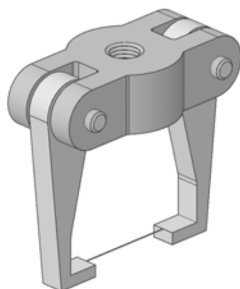


图 19-24　画辅助直线

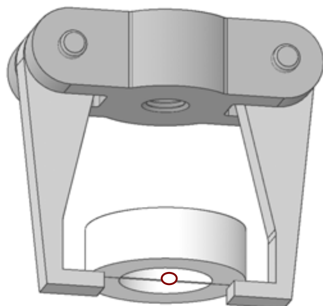


图 19-25　将套的下底面圆心移动到辅助线的中点

第三步：使用移动命令“move”将轴的上底面圆心移动到套的上底面圆心（移动时结合对象捕捉“捕捉到圆心”）。在打开正交的情况下，沿 Z 方向将轴向上移动适当距离。如图 19-26 所示。

第四步：使用移动命令“move”将压紧垫的下底面圆心移动到轴的上底面圆心（移动时结合对象捕捉“捕捉到圆心”），如图 19-27 所示。

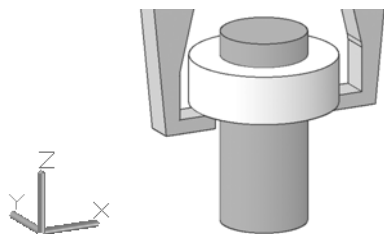


图 19-26　装配轴

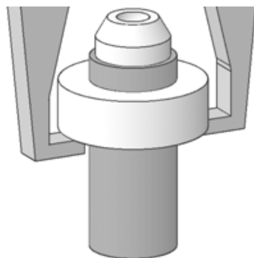
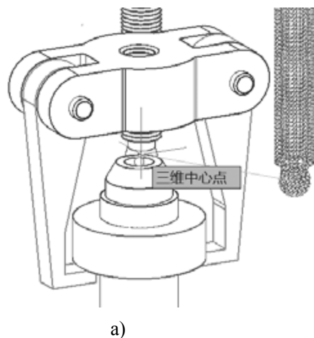
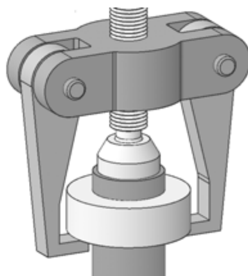


图 19-27　装配压紧垫

第五步：使用移动命令“move”将压紧螺杆的下面圆球的球心移动到压紧垫的上部球面的球心（移动时结合三维对象捕捉“面中心”），如图 19-28 所示。这里为了找球心方便，图 19-28a 采用了三维隐藏视觉样式装配后的效果如图 19-28b 所示。



a)



b)

图 19-28　装配压紧螺杆

a) 移动压紧螺杆时结合三维对象捕捉“面中心”　b) 压紧螺杆装配后

3）装配把手

第一步：初步定位。使用移动命令“move”将把手的右端面圆心移动到压紧螺杆的顶

面圆心（移动时结合对象捕捉“捕捉到圆心”），如图 19-29a 所示。

第二步：二次定位。打开正交，根据压紧螺杆的孔的位置尺寸，沿 Z 方向将把手向下移动 12.5，如图 19-29b 所示。

第三步：准确定位。再根据把手尺寸，沿 Y 轴方向向右移动 95，如图 19-29c 所示。

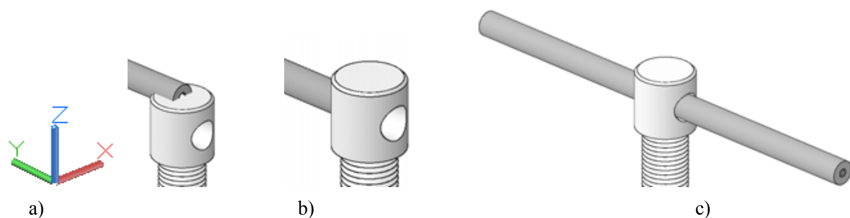


图 19-29　装配把手

a）初步定位　b）二次定位　c）准确定位

4）装配挡圈、螺钉

第一步：使用移动命令“move”将图 19-30a 中挡圈的左端面圆心移动到把手的右端面圆心（移动时结合对象捕捉“捕捉到圆心”）。移动后该部分的左视图如图 19-30b 所示，这里为了清晰采用了三维线框视觉样式。

第二步：使用移动命令“move”将螺钉的右端面圆心移动到挡圈的右端面圆心（移动时结合对象捕捉“捕捉到圆心”），如图 19-30c 所示。注意到此时螺钉的螺纹与把手的螺纹没有对齐（上部放大图）。

第三步：使用移动命令“move”将螺钉向左移动。移动时，以螺钉的牙顶的象限点为“基点”，以把手的内螺纹的牙底的象限点为“第二点”，指定点时结合对象捕捉“捕捉到象限点”。如图 19-30d 所示。

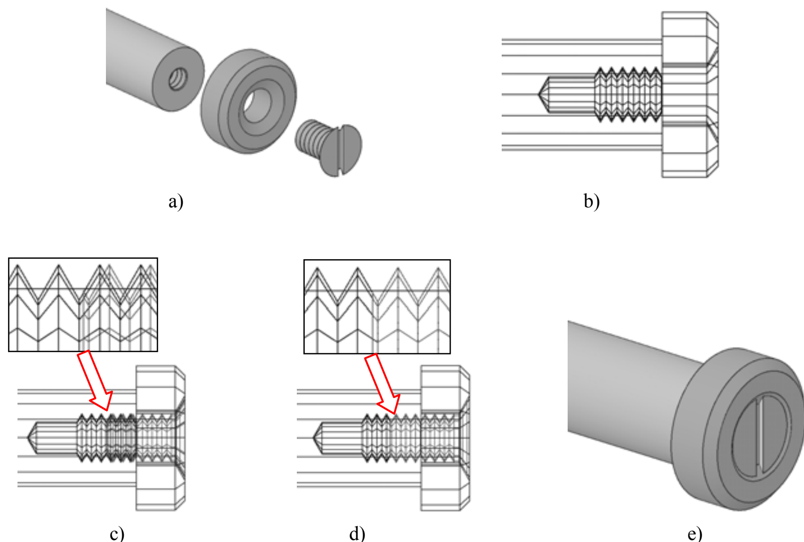


图 19-30　装配挡圈、螺钉

a）把手、挡圈、螺钉　b）装配挡圈　c）初步装配螺钉　d）准确装配螺钉　e）装配完成的把手、挡圈、螺钉

至此，拆卸器全部装配完成。

参 考 文 献

[1] Ellen Finkelstein. AutoCAD 2008 宝典[M]. 黄湘情，等译. 北京：人民邮电出版社，2008.
[2] 吴永进，林美樱. AutoCAD 2007 中文版实用教程——3D 应用篇[M]. 北京：人民邮电出版社，2008.
[3] 胡腾. 精通 AutoCAD 2009 中文版[M]. 北京：清华大学出版社，2008.

ISBN 978-7-111-33810-9
策　　划：丁 诚
封面设计：

子时文化 ZiShi Culture

CAD/CAM/CAE工程应用丛书 • AutoCAD系列






SolidWorks系列
AutoCAD系列
Pro/E系列
UG系列
CATIA系列
MATLAB系列
ANSYS系列
Mastercam系列

AutoCAD系列已出版

- AutoCAD 2011三维建模入门与实例解析
- AutoCAD 2011建筑制图与室内工程制图精粹 第2版
- AutoCAD 2010机械设计实例解析 第2版
- AutoCAD 2010中文版机械设计基础与实战 第3版
- AutoCAD 2010中文版入门·进阶·精通
- AutoCAD 2009机械设计入门到精通
- AutoCAD 2009机械设计实例精解
- AutoCAD 2009建筑与室内装饰设计实例精解
- AutoCAD 2008基础与应用培训经典教程
- AutoCAD 2008中文版完全实战
- AutoCAD 2008机械设计实例解析
- AutoCAD 2008中文版机械设计基础与实战 第2版
- AutoCAD 2008机械设计实例精粹
- AutoCAD 2008电气设计经典实例解析
- AutoCAD 2008建筑制图与室内工程制图精粹
- AutoCAD 2008建筑设计入门到精通

上架建议：计算机/辅助设计

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者购书热线：(010)88379203

邮政编码：100037
网络服务
门户网：http:www.cmpbook.com
教材网：http:www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版

定价：63.00元（含1CD）

ISBN 978-7-111-33810-9

